tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 58 nr. 4 1993

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris.
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,– per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijfmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de voorzitter of een lid van de redactiecommissie.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,–. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

ONDERWIJSCOMMISSIE

ISSN 03743853

VAN DE REDACTIE

Zoals gebruikelijk is het laatste nummer gewijd aan de samenvattingen van promoties die in het afgelopen cursusjaar hebben plaatsgevonden aan de drie Elektrotechnische Faculteiten in Nederland.

Hierbij is uitsluitend gebruik gemaakt van de samenvattingen in de proefschriften en niet van publikaties in de pers over de promoties.

Hoewel gestreefd is naar volledigheid, zou er een proefschrift overgeslagen kunnen zijn. Wij stellen het op prijs in dat geval hiervan in kennis gesteld te worden, zodat dit proefschrift volgend jaar alsnog vermeld kan worden.

De proefschriften zijn gerangschikt per universiteit, en per universiteit staan ze op chronologische volgorde van de promotiedatum. De inhoudsopgave vermeldt de eerste pagina per universiteit. In het register staan de namen van de promovendi alfabetisch geordend, met voor elke promovendus een paginanummer en een letter die aanduidt waar de promotie plaatshad: D voor Delft, E voor Eindhoven en T voor Twente.

Elk proefschrift ligt ter inzage op de bibliotheek van de betreffende universiteit. Wanneer u behoefte heeft aan een eigen exemplaar kunt u hierom schriftelijk verzoeken bij de bibliotheek van de universiteit. Wanneer deze geen exemplaren meer voorradig mocht hebben, kunt u indien gewenst een kopie op microfiche aanvragen (alleen voor Delft en Eindhoven). Onderstaand vindt u de adressen.

Centrale bibliotheek TUD
Afdeling Periodieken en Ruil
Schuttersveld 2
2611 WE Delft

Dhr. J. Duyn
Centrale bibliotheek TUE
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Mevr. A.M. Tenhagen
Bureau Universiteitsbibliotheek Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

DIFFUSION-BASED SILICON RADIATION DETECTORS

S.E. Wouters
9 november 1992
Promotor: Prof.dr.ir. S. Middelhoek

Dit proefschrift beschrijft stralingsdetectoren waarin de ladingscollectie plaatsvindt door middel van diffusie in plaats van drift. Ladingscollectie door middel van drift wordt altijd toegepast in conventionele hoogohmige detectoren.

Hoogohmige detectoren zijn moeilijk te fabriceren en te gebruiken, maar leveren goede prestaties. Diffusiedetectoren zijn makkelijk te maken en te gebruiken, maar leveren minder goede prestaties. Het doel van dit proefschrift is de verschillende prestatie aspecten van diffusiedetectoren te onderzoeken en deze te vergelijken met die van hoogohmige detectoren. Het onderzoek wijst uit dat de toepassingen in twee deelgebieden gesplitst kunnen worden: toepassingen waarvoor goede detectorprestaties vereist zijn en dus hoogohmige detectoren toegepast worden en toepassingen waarvoor mindere detectorprestaties voldoende zijn en waarvoor diffusiedetectoren dus een aantrekkelijk alternatief vormen. Er zijn ook toepassingen waarvoor diffusiedetectoren duidelijk voordelen bieden ten opzichte van hoogohmige detectoren.

1 Introduktie

De straling die in dit proefschrift van belang is omvat elektromagnetische straling (Röntgen- en γ-straling) en geladen deeltjes (α- en β-straling, zware ionen en splijtingsprodukten). Deze soorten straling kunnen worden gedetecteerd met verschillende typen detectoren. Gasgevulde detectoren zijn vnl. geschikt voor deeltjesdetectie, maar hebben een beperkte energie- en plaatsresolutie. Scintillatiedetectoren zijn geschikt voor het detecteren van zowel fotonen als deeltjes, maar hebben ook een slechte energie- en plaatsresolutie. Halfgeleiderdetectoren met een hoog atoomnummer (Ge, HgI_2) zijn uitermate geschikt voor het detecteren van γ-straling, maar zijn moeilijk te fabriceren en te gebruiken. Hoogohmige silicium detectoren hebben een goede energie-, tijd- en plaatsresolutie en zijn geschikt voor het meten van alle soorten geladen deeltjes en voor fotonen tot ongeveer 50 keV.

De verschillende typen silicium detectoren die zijn ontwikkeld zijn alle gebaseerd op het feit dat de invallende straling ladingsdragers genereert in de depletielaag, waarna de lading gecollecteerd wordt d.m.v. het elektrische veld dat in de depletielaag aanwezig is. Deze detectoren vereisen het gebruik van hoogohmige plakken (4 kΩcm) waarvan de behandeling erg kritisch is, ze vereisen een hoge voedingsspanning (100 V), ze zijn vrij gevoelig voor stralingsschade en ze kunnen niet makkelijk worden voorzien van op de detector geïntegreerde uitleeselektronica.

In deze dissertatie wordt de diffusiedetector beschreven, waarin de gegenereerde lading wordt gecollecteerd d.m.v. diffusie i.p.v. drift. Daardoor vervalt de noodzaak van een dikke depletielaag. Hoewel de prestaties minder goed zijn komen een aantal voordelen te voorschijn. Diffusiedetectoren worden gefabriceerd in standaard plakken (1 - 10 Ωcm), waarvan de behandeling niet kritisch is, een lage voedingsspanning (< 5 V) is voldoende, ze zijn minder gevoelig voor stralingsschade en ze kunnen op eenvoudige wijze worden voorzien van op de detector geïntegreerde uitleeselektronica.

2 Ladingscollectie d.m.v. diffusie

De diffusiedetector wordt gemodelleerd als een neutraal substraat met een voor- en een achterkant, die de door de straling gegenereerde ladingsdragers absorberen dan wel reflecteren. Aan de voorkant collecteert een absorberend oppervlak (*pn*-junctie) de ladingsdragers. Aan de achterkant bevindt zich een absorberend (Schottky barrière) of een reflecterend oppervlak (*hl*-junctie of MOS barrière), hetgeen resp. leidt tot een RB-detector (reflecterende achterkant) of een AB-detector (absorberende achterkant). Een RB-detector heeft een hoge collectie-efficiëntie, terwijl een AB-detector een kortere responsietijd en een betere plaatsresolutie heeft. Andere parameters die de detectorprestaties beïnvloeden zijn de mobiliteit van de ladingsdragers en de dikte van de detector. Om te profiteren van de hoge mobiliteit van elektronen zijn *p*-type silicium plakken gebruikt. Zowel de collectie-efficiëntie als de responsietijd en de plaatsresolutie verbeteren bij afname van de detectordikte. Echter, in het geval van minimum ioniserende deeltjes reduceert het signaal wanneer de detector dunner wordt gemaakt, terwijl voor γ-straling de absorbtie dan aanzienlijk afneemt.

Het hierboven omschreven model is gebruikt om de door diffusiedetectoren gemeten energiespectra te berekenen. Voor geladen deeltjes wordt het spectrum vervormd, maar het resultaat wordt beter naarmate de detectordikte afneemt. Voor fotonen strekt het spectrum zich ver uit naar lagere energieën. Dit effect wordt ook gereduceerd voor dunnere detectoren.

3 Ontwerp en fabricage

Diffusiedetectoren worden gemaakt in een standaard fabricageproces, waaraan procesmodules toegevoegd kunnen worden om de detectorprestaties te verbeteren. Procesmodules worden gebruikt voor het reduceren van de detectordikte, (anisotroop etsen vanaf de achterkant) of om een bepaalde grenslaag (*hl*-junctie of MOS barrière) aan de achterkant te bewerkstelligen.

De experimentele structuren zijn gefabriceerd in een proces dat de integratie van *npn* en *pnp* bipolaire transistoren en *p*-kanaal JFETs mogelijk maakt. Deze zijn gebruikt voor het ontwerpen van ladings- en stroomversterkers. Omdat de detectoren en de geïntegreerde elektronica gezamenlijk ontworpen en gefabriceerd worden, wordt niet alleen de elektronica aan de detector aangepast, maar ook andersom. Deze dubbele aanpassing leidt tot een optimale depletielaagdikte waarvoor de ruis minimaal is. De ontworpen versterkers kunnen simpelweg naast de detectoren geplaatst worden, maar het blijkt dat de ingangs-JFET met de detector samengevoegd kan worden en dat andere circuit elementen ook met de detector samengevoegd of er bovenop geplaatst kunnen worden. Hierdoor wordt de integratiedichtheid aanzienlijk verhoogd, hetgeen een groot voordeel is wanneer diffusiedetectoren in een matrixvorm gebruikt worden.

4 Experimentele resultaten

Diffusiedetectoren hebben lekstromen van 0,1 tot 10 $nAcm^{-2}$ en specifieke capaciteiten tussen 5 en 15 $nFcm^{-2}$, hetgeen in overeenstemming is met de dunne depletielaagdiktes (< 5 μm). Om het diffusieproces te karakteriseren zijn de detectoren aan de achterkant optisch belicht, waarna de gegenereerde ladingsdragers door de detector heen diffunderen naar het uitleescontact aan de voorkant. De gemeten vertragingstijd (0.1 - 8 μs), stijgtijd (0.2 - 30 μs), relatieve efficiëntie (40 - 95 %) en laterale uitspreiding (40 μm) corresponderen met de theorie. In het geval van hoogenergetische β-straling

uitgezonden door ^{90}Sr (minimum ioniserende deeltjes) wordt de lading gegenereerd langs een diffusielengte van de ionisatie baan gecollecteerd. Het β-spectrum van ^{14}C gemeten door een diffusiedetector komt overeen met het originele spectrum, maar is getransformeerd naar lagere energieën. De mono-energetische 60 keV γ-straling uitgezonden door ^{241}Am wordt uitgespreid naar lagere energieën bij meting met een diffusiedetector, hetgeen klopt met de theorie. Hoewel energiemeting van deze γ-fotonen dus praktisch onmogelijk blijkt, is de diffusiedetector wel geschikt voor het tellen ervan. De geïntegreerde versterkers toonden aan dat diffusiedetectoren en elektronica in een silicium structuur gerealiseerd kunnen worden met een ruisniveau van de detector-versterker combinatie van ongeveer 5 keV_{FWHM}. De stralingsbestendigheid van de detectoren en de elektronica is onderzocht d.m.v. bestraling met hoogenergetische neutronen. De detectoren weerstaan ongeveer 10^{14} ncm^{-2}, afhankelijk van de specifieke toepassing. De geïntegreerde ladings- en stroomversterkers behouden hun specificaties tot 10^{13} à 10^{14} ncm^{-2}. Silicium zonnecellen hebben een structuur die sterk lijkt op die van diffusiedetectoren en zijn daarom ook getest met nucleaire straling. Ze hebben een relatief hoog ruisniveau, maar blijken geschikt voor het tellen van hoogenergetische deeltjes.

5 Discussie

Deze dissertatie beschrijft de theorie, het ontwerp, de fabricage en de experimentele resultaten van diffusiedetectoren zonder op specifieke toepassingen in te gaan. Een aantal toepassingsgebieden komen echter naar voren. Door gebruik te maken van de fabricagetechnologie van silicium zonnecellen kan de massafabricage van goedkope stralingsdetectoren met redelijke specificaties mogelijk worden gemaakt. Diffusiedetectoren gefabriceerd op matig hoogohmig silicium (100 - 1000 Ωcm) vormen een goed compromis tussen hoogohmige en diffusiedetectoren en profiteren van de voordelen van beide soorten. Diffusiedetectoren met een- of tweedimensionale plaatsresolutie en actieve multiplexing kunnen ontwikkeld worden voor de positiebepaling van geladen deeltjes of fotonen (afhankelijk van de fotonenergie). Fluxdetectoren met een hoge stralingsbestendigheid kunnen ontwikkeld worden met het diffusiedetector concept. Ook neutronen detectoren zijn mogelijk, die gebaseerd zijn op de conversie van een neutron in een geladen deeltje in een speciale conversielaag. Hoewel al deze toepassingen momenteel mogelijk worden geacht, moet onderzoek in de richting van de fabricage- en procestechnologie, hoge-dichtheid laag-vermogen elektronica en stralingsschade worden uitgevoerd voordat daadwerkelijk diffusiedetectoren voor deze toepassingsgebieden geproduceerd kunnen worden.

De belangrijkste conclusie van deze dissertatie is dat diffusiedetectoren in praktijk goed geschikt zijn voor het tellen van geladen deeltjes. In een aantal gevallen kunnen ze toegepast worden voor deeltjesspectrometrie en in een beperkt energie gebied voor de detectie van fotonen. Voor deze toepassingen komen de voordelen van de eenvoudige fabricage en de op de detector geïntegreerde elektronica goed tot hun recht.

* * *

DESIGN AND CONTROL OF A CLASS OF MULTIPHASE SERIES-RESONANT POWER CONVERTERS

H. Huisman

21 november 1992

Promotoren: Prof.ir. O.H. Bosgra en Prof.dr.ir. A.J.A. Vandenput

Vanaf de zestiger jaren worden resonante technieken toegepast in elektronische vermogensomzetters. Dankzij de aanwezigheid van een resonant circuit kan de steilheid van de stromen in de halfgeleiders (*di/dt*) worden beperkt. Door de hiermee samenhangende lage schakelverliezen in deze vermogenshalfgeleiders kunnen hogere schakelfrequenties dan gebruikelijk worden toegepast.

De eerste toepassingen van resonante omzetters lagen op het gebied van hoogfrequente verwarming van materialen. De resonante omzetter maakt het mogelijk om met de beschikbare halfgeleiderschakelaars met hoog rendement energie uit een gelijkspanningsbron om te zetten naar de gewenste hoge uitgangsfrequentie. Toevoeging van een gelijkrichtbrug maakt het ook mogelijk om gelijkstroom te genereren. Door deze toevoeging wordt de omzetter echter lastiger om te regelen.

De topologie van een gelijkstroom-gelijkstroom omzetter, welke voornamelijk is opgebouwd rond twee éénfase bruggen van vermogenshalfgeleiders, kan eenvoudig worden uitgebreid naar meerdere fasen aan in- en/of uitgang. Een tweede uitbreiding van het concept bestaat uit het parallel schakelen van meerdere omzettermodulen. Hiermee kan een hoger vermogensniveau worden bereikt, terwijl tegelijkertijd de effectieve omzetterfrequentie toeneemt.

In meerfasenomzetters wordt de resonante *L-C* kring gedeeld door alle in- en uitgangsfasen. Een regelaar zorgt er voor dat elke fase naar behoefte wordt bediend, zodanig dat de gewenste stroom- en spanningsvormen worden gegenereerd en overbelasting van het vermogensdeel wordt voorkomen. Ten opzichte van de éénfaseomzetter ontstaat een extra probleem, doordat de spanningen die worden toegevoerd aan de resonante kring, welke voor opeenvolgende stroompulsen afkomstig zijn van telkens verschillende fasen, niet noodzakelijkerwijs in balans zijn. Zonder extra maatregelen zou hierdoor de slingering in de resonante kring uit kunnen dempen of, erger, ongeremd kunnen toenemen. Dit kan leiden tot beschadiging van de onderdelen van het vermogenscircuit.

Beschadiging van het vermogensdeel van de omzetter kan worden voorkomen wanneer de spanningen en stromen in de resonante kring, het 'hart' van de vermogensomzetter, onder een maximum gehouden kunnen worden. Een belangrijke maat voor zowel de maximum spanningen als -stromen in de resonante kring is de topspanning over de resonante condensator (Vcpeak). Beheersing van deze waarde leidt automatisch ook tot beheersing van spanningen en stromen in de overige componenten van het vermogensdeel. Uit een vereenvoudigd model van het gedrag van het vermogensdeel wordt een regelaar met een niet-lineaire struktuur afgeleid, die in staat is om, onafhankelijk van de spanningen welke extern worden toegevoerd, de waarde van Vcpeak binnen nauwe marges vast te leggen.

Wanneer een 'klassieke' stroomregeling wordt toegepast vertonen parallel geschakelde omzettermodulen de neiging om te synchroniseren. Door een aanpassing van de regeling, met gebruik van niet-lineaire voorwaartskoppeling, wordt deze ongewenste synchronisatie voorkomen. In de voorwaartskoppeling wordt een voorspelling berekend van de totale verplaatste lading in de desbetreffende resonante stroompuls, en deze waarde wordt geïnjecteerd in de 'klassieke' stroomregeling. Deze methode leidt tot een hogere effectieve omzetterfrequentie, en tot gelijke verdeling van het te bewerken vermogen over de parallel geschakelde modulen.

Vóór de bouw van een prototype van een omzetter uitgerust met de nieuwe regelingen is het zinvol om de werking van het gehele systeem te verifiëren met behulp van simulatie. Voor gebruik in deze simulaties worden een aantal eenvoudige modellen afgeleid. De parameters voor deze modellen kunnen worden bepaald aan de hand van eenvoudig uit te voeren metingen, of worden afgeleid uit gegevens die verstrekt worden door de fabrikanten van de onderdelen van het vermogenscircuit. Voor de eigenlijke simulaties wordt een aantal verschillende programma's toegepast, welke ieder een eigen aspect van de werking van de omzetter en de regeling benadrukken.

Twee omzetters zijn daadwerkelijk gebouwd en getest. De eerste omzetter is in staat om 15 kW om te zetten tussen twee 380 V driefasensystemen. Met metingen wordt aangetoond dat deze omzetter een hoog rendement haalt over een groot deel van het werkgebied.

Aan de hand van de ervaringen opgedaan met de 15 kW omzetter is een tweede omzetter, ditmaal voor een vermogen van 6 kW, gebouwd. De nadruk bij dit ontwerp ligt op de mogelijkheid om meerdere modulen parallel te schakelen. Met metingen aan deze omzetter wordt de werking van de besturingselektronica gedemonstreerd. Speciaal wordt aandacht gegeven aan de regeling van de topspanning op de resonante condensator, en aan het parallel schakelen van twee omzettermodulen. De metingen geven aan dat de methode die gebruikt wordt om ongewenste synchronisatie van de modulen tegen te gaan ook bij het genereren van wisselstroom uit een gelijkstroombron haar taak naar behoren vervult.

* * *

MORPHOLOGICAL IMAGE PROCESSING: ARCHITECTURE AND VLSI DESIGN

P.P. Jonker
28 november 1992
Promotor: Prof.dr. I.T. Young

Gebaseerd op oplossingen uit bestaande ontwerpen van de laatste jaren, alsmede op de resultaten van recente studies op het gebied van vergelijkingen van laag-nivo beeldbewerkingscomputer architecturen, is er een pijplijn systeem ontworpen en in CMOS technologie gerealiseerd, voor het op video snelheid verwerken van beelden. Om te voorkomen dat onvolkomenheden van bestaande ontwerpen wederom in een nieuw ontwerp sluipen, is er een studie verricht naar de details van de oplossingen die gevonden werden in de drie hoofd architectuur groepen van de laag-nivo beeldbewerking: De vierkante processor arrays, de lineaire processor arrays en de pijplijn computers. De uitkomst van deze studie is gecondenseerd in een theoretisch model. Daar het ontwerp gebaseerd is op het bewerken van tweewaardige beelden, is er studie verricht naar de principes van cellulaire logische bewerkingen op tweedimensionale beelden. Een methodologie is ontwikkeld, gebaseerd op de transformatie van beelden met behulp van sets van "Hit" of "Miss" maskers. Deze methodologie bleek uitbreidbaar te zijn naar het transformeren van beelden met een hogere dimensie. Een theoretisch model voor het genereren van breekpunt condities voor hoog dimensionale beelden is ontwikkeld en toegepast en geverifieerd tot en met dimensie drie.

Gebaseerd op de resultaten van dit onderzoek alsmede gebaseerd op de vereisten die midden nivo beeldbewerkings taken stellen aan een computersysteem, is een architectuur opzet gemaakt en uitgewerkt voor het op laag- en midden nivo bewerken van twee- en driedimensionale beelden.

* * *

ROBOT TRAJECTORY PLANNING

Th.A. Rieswijk
3 december 1992
Promotor: Prof.ir. G. Honderd

Nieuwe robot besturingsalgoritmen die gebruik maken van kennis omtrent het dynamische robot model vereisen een gewenst referentie-traject. Tijdens het regelen langs deze robot-trajecten kunnen bepaalde fysische begrenzingen worden bereikt waarbij de volgende verschijnselen kunnen optreden:

- De robot zou kunnen botsen met objecten of een andere robot in zijn voor montage geschikte werkruimte wat zelfs mechanische schade kan veroorzaken.
- De vereiste uitgangskoppels van de actuatoren, die nodig zijn om het gewenste traject te kunnen volgen, overschrijden de koppels die in de praktijk realiseerbaar zijn. Dit kan servo fouten veroorzaken of zelfs mechanische schade.

Het eerste type problemen, dat hierboven wordt genoemd, wordt aangepakt door het formuleren van geometrische begrenzingen voor de robot beweging. Het tweede type wordt effectief afgehandeld door een set van zogenaamde tijdsafhankelijkheids-begrenzingen voor te schrijven wat inhoudt dat de relatie van de robot beweging met de tijd wordt begrensd. Naast het introduceren van de genoemde typen begrenzingen is in de literatuur veel aandacht besteed aan het optimaliseren van robot bewegingen. In ons geval, om een hoge produktiesnelheid te verkrijgen, wordt de minimum verplaatsingstijd genomen als criterium.

Het tijd-optimaliseren van robot-trajecten, rekening houdend met geometrische begrenzingen en tijdsafhankelijkheids-begrenzingen, is een gecompliceerd probleem. Om deze reden voeren de meeste methoden een planning van het referentie-traject buiten de besturingslus uit met gebruik van alle aanwezige a priori kennis omtrent de begrenzingen en het kinematische en dynamische robot model.

In de DIAC zijn twee robots aanwezig met gedeeltelijk overlappende voor montage geschikte werkruimtes. Om het probleem van tijd-optimalisatie van een robot-traject met het meenemen van begrenzingen aan te pakken, zoals hierboven beschreven is, wordt een planning buiten de besturingslus uitgevoerd in twee delen:

- Het plannen van een reeks botsingsvrije blokken in de samengestelde configuratie-ruimte van beide robots, zoals beschreven is door Verwer (1990). De methode minimaliseert de rotatie/translatie van de uitgaande robot assen op basis van een Euclidische metriek.
- Het plannen van een tijdsafhankelijk robot-traject door deze reeks van botsingsvrije blokken, zoals in dit proefschrift wordt beschreven.

Dientengevolge brengt botsingsvermijding in dit proefschrift met zich mee dat het gewenste robot-traject in de configuratie-ruimte moet worden begrensd binnen de gegeven reeks botsingsvrije blokken. Om de volledige optimalisatie in 1 keer uit te voeren met het meenemen van alle geometrische begrenzingen en tijdsafhankelijkheids-begrenzingen moet een optimalisatie in een hoog-dimensionale zoekruimte worden uitgevoerd wat een hoge belasting geeft qua rekentijd en geheugengebruik. Om de belasting qua rekentijd en geheugengebruik te reduceren wordt in dit proefschrift voorgesteld om de planning van de trajecten in twee afzonderlijke stappen uit te voeren:

- De planning en optimalisatie van een geometrisch traject in de configuratie-ruimte waardoor alle uitgaande robot assen worden gesynchroniseerd aan een gemeenschappelijke variabele λ. Het traject is gepland binnen de geometrische begrenzingen van Verwer.

- De tijd-optimalisatie van de beweging langs het λ-afhankelijke geometrische traject door, gebruik makend van de kinematische en dynamische robot modellen in combinatie met de gespecificeerde tijdsafhankelijkheids-begrenzingen, de karakteristieken van $\lambda(t)$ te optimaliseren.

De zoekruimtes in beide stappen van de voorgestelde optimalisatie zijn belangrijk kleiner dan de zoekruimte die nodig is om de complete optimalisatie in 1 stap uit voeren.

Om de tijd-optimalisatie van $\lambda(t)$ mogelijk te maken, rekening houdend met de voorgeschreven tijdsafhankelijkheids-begrenzingen, zijn kinematische en dynamische robot modellen afgeleid met behulp van de Euler-Lagrange methode en de recursieve Newton Euler methode. Vervolgens is het theoretisch afgeleide dynamische model van 1 van de robots in de DIAC n.l. de Bosch SCARA robot experimenteel geschat en geverifieerd. De aanwezigheid van 'harmonische aandrijvingen' als overbrengingen is meegenomen door de 'harmonische aandrijving' in de eerste uitgaande as van de SCARA robot te beschrijven als een torsie-veer. Dit geeft een vierde orde model voor deze uitgaande as. Bovendien zijn de bijbehorende ordes van de overdrachten in beide uitgaande assen van het model bevestigd door een methode toe te passen die de bijdrage van de toestanden aan de overdrachten schat. De experimentele verificatie van het op het model gebaseerde voorspelde gedrag bij een verandering van de belasting bevestigde de bruikbaarheid van het afgeleide model.

Om $\lambda(t)$ te optimaliseren, hierbij gebruik makend van de afgeleide modellen in combinatie met de van de robot as-posities, -snelheden en -versnellingen afhankelijke grootheden die binnen tijdsafhankelijkheidsbegrenzingen begrensd moeten worden, zijn drie methoden uit de literatuur vergeleken: **1.** raster-zoeken met behulp van dynamisch programmeren, **2.** binair zoeken en **3.** optimaal schakelen. Een vergelijking van de nauwkeurigheid, de benodigde rekentijd en het benodigde geheugengebruik toont aan dat de methode die gebaseerd is op optimaal schakelen de meest aantrekkelijke aanpak is. De andere twee aanpakken hebben last van een grote belasting qua rekentijd en geheugengebruik bij een bepaalde vereiste nauwkeurigheid.

In dit proefschrift zijn situaties behandeld waarbij de methode, die gebaseerd is op optimaal schakelen, een grote gevoeligheid heeft voor numerieke onnauwkeurigheden. In het bijzonder de berekening van geschikte startpunten voor de numerieke integratie van optimale krommen met behulp van de methoden uit de literatuur geeft problemen. Deze problemen kunnen zelfs leiden tot de afwezigheid van een uiteindelijke oplossing. Om deze reden is een nieuwe methode ontwikkeld die de gevoeligheid voor numerieke onnauwkeurigheden bij het plaatsen van de startpunten minimaliseert. Voor een specifiek optimalisatie-probleem geeft de nieuwe methode een belangrijke verbetering.

Vervolgens is een strategie ontwikkeld die het optimaal schakelen toepast door meer dan 1 kromme tegelijkertijd te berekenen en daardoor de benodigde rekentijd effectief te onderdrukken. Een ander probleem van het optimaal schakelen is dat het een grote geheugenbelasting kan veroorzaken voor lange geometrische trajecten. Dit probleem is aangepakt door een methode te ontwikkelen die het optimaal schakelen toepast voor een horizon die langs het geometrische traject wordt geschoven.

De resulterende trajecten van het optimaal schakelen vereisen actuatorkoppels van het 'bang-bang' type. Dit 'bang-bang' gedrag kan allerlei eigen-frequenties in het systeem aanstoten en een hoge actuator-belasting veroorzaken. Om deze reden zijn nieuwe tijdsafhankelijkheids-begrenzingen geformuleerd die ook de van de 'ruk' afhankelijke begrenzingen, zoals begrenzingen voor de eerste orde tijdsafgeleiden van de actuator-koppels, kunnen meenemen. Om deze nieuwe begrenzingen te kunnen meenemen is de zogenaamde MSRS methode ontwikkeld. De belangrijkste eigenschap van deze methode is dat het tijdsafhankelijke gedrag van $\lambda(t)$ wordt geoptimaliseerd door uit te gaan van geschikte startoplossingen en deze oplossingen tijdens het optimaliseren altijd geschikt te houden. Deze geschikte startoplossingen worden gevonden door tussenpunten van het $(\lambda, d\lambda/dt, d^2\lambda/dt^2)$ - traject te positioneren op de rand van een gebied waar een constante $d\lambda/dt$ is toegestaan. Het resultaat van de methode is een aaneengeschakelde reeks van $\lambda(t)$ 'splines' die de reproduktie van het berekende traject eenvoudig en ongecompliceerd maakt.

Om de methoden toe te passen die $\lambda(t)$ tijd-optimaliseren zijn geometrische trajecten vereist die de beweging in de configuratie-ruimte uitdrukken als functie van de gemeenschappelijke variabele λ. Deze geometrische trajecten moeten optimaal gevormd zijn en begrensd binnen de reeks botsingsvrije blokken van Verwer. Voor dit doel zijn in dit proefschrift twee methoden beschreven.

De eerste methode voor het optimaliseren van geometrische trajecten gebruikt Hermitische splines en is gebaseerd op een methode die ontwikkeld is voor grafische toepassingen. Naast de normale mogelijkheid van vorm-manipulatie met behulp van plaatsing van de ondersteunende punten, biedt de methode zogenaamde 'spanning'-parameters die, door het variëren van de invloed van de ondersteunende punten op de vorm van de spline, de mogelijkheid bieden om de Euclidische lengte van de spline min of meer af te wegen tegen zijn kromming. Deze criteria zijn belangrijk, omdat zowel de lengte als de kromming van de spline de minimale verplaatsingstijd op een belangrijke wijze beïnvloeden. In combinatie met een speciale aanpak voor de plaatsing van de ondersteunende punten, worden de spanning-parameters gebruikt om de Hermitische spline te begrenzen binnen de botsingsvrije blokken van Verwer en voor optimalisatie van de vorm van de spline. Deze vorm-manipulatie is uitgevoerd met een criterium dat de Euclidische lengte combineert met de kromming en geeft interessante resultaten.

De tweede methode voor het plannen en optimaliseren van geometrische trajecten maakt gebruik van 'B-splines'. Deze splines hebben de aantrekkelijke eigenschap dat ze altijd begrensd zijn binnen een Convex-Omhullende van een beperkte reeks ondersteunende punten. Door de eigenschap van een aanwezige Convex-Omhullende te combineren met een zekere heuristiek omtrent de onderlinge posities van de ondersteunende punten, wordt de resulterende B-spline begrensd binnen de botsingsvrije blokken van Verwer en is de spline op een acceptabele manier gevormd.

Uiteindelijk is het probleem van tijd-optimalisatie van een tijdsafhankelijk traject in de aanwezigheid van geometrische begrenzingen en tijdsafhankelijkheids-begrenzingen opgelost door methoden te combineren die het geometrische traject optimaliseren met methoden die $\lambda(t)$ optimaliseren langs dit gegeven traject.

* * *

MEASUREMENT OF MINORITY CARRIER MOBILITY, CARRIER LIFETIME AND BANDGAP NARROWING IN HEAVILY DOPED SILICON

F. van Rijs
8 december 1992
Promotor: Prof.dr. M. Kleefstra

Zware doteringen in halfgeleiderstructuren worden steeds belangrijker naar mate de structuren kleiner worden en de werkfrequenties hoger liggen. Het

blijkt dat zware dotering de transport van minderheidsladingsdragers nadelig beïnvloedt, wat belangrijk kan zijn voor de prestaties van bijvoorbeeld bipolaire transistoren. Zo wordt de beweeglijkheid van minderheden kleiner door extra verstrooiingsmechanismen zoals verstrooiing aan doteringsatomen en aan meerderheidsladingsdragers. De levensduur van minderheden wordt korter door Augerrekombinatie en er treedt een vernauwing van de verboden band op.

Om het gedrag van bipolaire transistoren te kunnen beschrijven is het dus belangrijk om de transportparameters, namelijk de beweeglijkheid van minderheden, de levensduur en de bandvernauwing als functie van de dotering te weten. Ondanks vele inspanningen in de literatuur blijven veel vragen nog onbeantwoord en enkele resultaten spreken elkaar zelfs tegen. Er bestaan ook geen metingen van de transportparameters als functie van de temperatuur. Dit proefschrift gaat dan ook over het meten van de transportparameters als functie van dotering en temperatuur.

Voor het meten van de transportparameters wordt een nieuwe methode gebruikt die een aantal voordelen heeft boven bestaande meetmethoden. Zo worden de meetresultaten niet of nauwelijks beïnvloedt door oppervlakte rekombinatie, zodat alleen de bulk eigenschappen gemeten worden en met deze methode is het mogelijk om alle transporteigenschappen te meten in hetzelfde substraat met dezelfde type meetstructuren. Ook kan met deze methode niet alleen de beweeglijkheid en levensduur gemeten worden maar ook onafhankelijk daarvan de diffusielengte. Dit laatste zorgt ervoor dat gecontroleerd kan worden of de meetresultaten consistent zijn.

De nieuwe meetmethode bestaat uit twee gedeelten. Het eerste gedeelte bestaat uit het bepalen van de diffusielengte en het produkt van de beweeglijkheid met de evenwichtsconcentratie van minderheden (een parameter die het effect van bandvernauwing fundamenteel beter beschrijft) uit steady-state metingen aan laterale transistoren met meerdere collectoren. Het tweede gedeelte omvat het bepalen van de beweeglijkheid en levensduur uit de frequentieoverdracht van laterale transistoren. Extractie van de parameters uit de metingen is een invers probleem. Om de parameters uit de metingen te extraheren wordt gebruik gemaakt van optimaliseringstechnieken in combinatie met device simulatoren.

De meetresultaten geven aan dat voor hoge doteringsconcentraties de beweeglijkheid van gaten als minderheden ongeveer twee keer hoger is dan de beweeglijkheid van gaten als meerderheden. Dit was al eerder door anderen gevonden. Echter de gevonden beweeglijkheid voor lagere concentraties ($\approx 10^{17}$ cm^{-3}) is beduidend lager dan was aangenomen in de literatuur. De beweeglijkheid van minderheden is hier ongeveer gelijk aan de beweeglijkheid van meerderheden. Voor het eerst is de beweeglijkheid van minderheden gemeten als functie van temperatuur (77 K tot 300 K). Het blijkt dat de beweeglijkheid van minderheden sterk toeneemt bij lagere temperaturen terwijl de beweeglijkheid van meerderheden niet of nauwelijks van de temperatuur afhangt. Berekeningen met het model van Klaassen tonen aan dat, vooral bij lagere temperaturen, elektron-gat verstrooiing het dominante verstrooiingsmechanisme is.

De gemeten levensduur van gaten en elektronen komen goed overeen met de gegevens uit de literatuur. In de gemeten temperatuursafhankelijkheid van de levensduur zijn duidelijk twee rekombinatieprocessen te zien. Het eerste proces is ten gevolge van Shockley-Read-Hall rekombinatie en is voor de gemeten doteringsconcentraties dominant bij lage temperaturen. Het tweede proces is Augerrekombinatie en is belangrijk bij hoge temperaturen. Resultaten doen vermoeden dat Augerrekombinatie zich minder dan kwadratisch gedraagt als functie van de dotering.

De meetresultaten betreffende bandvernauwing geven aan dat de bandvernauwing onafhankelijk is van het doteringstype (N of P-type). Dit resultaat is in tegenspraak met het bekende model van Slotboom en de Graaff voor P-type silicium en met het model van Del Alamo voor N-type silicium. Wanneer echter de gegevens van bandvernauwing uit de literatuur wordt herzien zoals gedaan is door Klaassen, Slotboom en de Graaff, dan blijkt inderdaad de bandvernauwing onafhankelijk te zijn van het type dotering. In dit werk is de bandvernauwing voor het eerst gemeten als functie van de temperatuur. Van 100 K tot 300 K verandert de bandvernauwing niet of nauwelijks met de temperatuur.

* * *

GROUND-BASED REMOTE SENSING OF PRECIPITATION USING A MULTI-POLARIZED FM-CW DOPPLER RADAR

H.W.J. Russchenberg

14 december 1992

Promotor: Prof.dr.ir. L.P. Ligthart

Hydrometeoren, zoals regendruppels en sneeuwvlokken, kunnen elektromagnetische golven verstrooien. Weerradars trekken profijt van deze eigenschap. Zij stralen een gecodeerd radiosignaal in een regenbui en meten de energie die wordt terugverstrooid. De code van het signaal wordt door het verstrooiingsproces veranderd. Uit deze verandering kan informatie over de hydrometeoren verkregen worden. De Delft Atmospheric Research Radar codeert de polarisatie en de fase van de signalen die het uitzendt. De verandering van deze specifieke codes geeft informatie over het type hydrometeoor en de bijbehorende snelheid, vorm, grootte en oriëntatie. De verandering van de polarisatie wordt uitgedrukt in de radargrootheden *differential reflectivity* Z_{dr}, de *linear depolarisation ratio* L_{dr} en de *horizontal reflectivity* Z_h. De verandering van de fase uit zich in het Dopplersnelheidsspectrum en wordt uitgedrukt in de gemiddelde snelheid V_d en de breedte van het spectrum W_d.

De Delftse onderzoekradar is een FM-CW systeem, dat werkt op 3.3 GHz. Het FM-CW principe wordt uitgelegd en alle relevante aspecten van het radarsysteem, inclusief de signaalbewerking, worden besproken. In tegenstelling tot wat gebruikelijk is, wordt L_{dr} bepaald uit copolaire metingen. Hierdoor neemt de gevoeligheid van L_{dr} voor ruis af.

De radargrootheden reageren verschillend op veranderingen van de microstructuur van regen. Hierdoor wordt het mogelijk om, door gebruik te maken van de correlatie van de verschillende radargrootheden, meteorologische processen in een regenbui te bestuderen. Uit de analyse van een langdurige regenbui bleek een sterk verband tussen L_{dr} en W_d. Dit is een gevolg van turbulentie: turbulentie veroorzaakt een wanordelijke verdeling van de regendruppels, wat kruispolarisatie tot gevolg heeft. Op basis van de meetgegevens wordt een eenvoudig model van het verband tussen turbulentie en de oriëntatie van regendruppels ontwikkeld. Met gebruikmaking van dit model worden regenmetingen gesimuleerd.

De druppelgrootteverdeling wordt beschreven door een gamma-functie met drie parameters: de mediaan D_o, de dispersiefactor μ en een schalingsfactor N_o. Met conventionele radarsystemen kunnen er maar één of twee parameters bepaald worden, maar de combinatie van Z_h, Z_{dr} en W_d maakt het mogelijk om ze alle drie te meten. Hiertoe moet het Dopplerspectrum gecorrigeerd worden voor turbulentie. Dit wordt bereikt door de oriëntatie van de regendruppels te schatten uit de combinatie van Z_{dr} en L_{dr}. Uit de meetgegevens blijkt dat er statistische verbanden tussen de drie parameters bestaan. Hiermee wordt, voor een specifieke regenbui, een nieuwe relatie tussen de radarreflectie en de regenintensiteit afgeleid.

Een nieuw Doppler-polarimetrisch model van terugwaartse verstrooiing door de smeltlaag wordt ontwikkeld, gebaseerd op metingen met de Delftse onderzoeksradar. Het model voorspelt de hoogte-afhankelijkheid van Z_h, Z_{dr}, L_{dr} en V_d. Er worden twee nieuwe elementen geïntroduceerd: het verband tussen de vorm en grootte van de smeltende sneeuwvlokken en de invloed van het smeltproces op hun oriëntatie. Het verband tussen de vorm en grootte is gebaseerd op correlatiestudies van de radargrootheden in de smeltlaag. In de bovenste helft van de smeltlaag zijn kleine sneeuwvlokken platter dan grote, maar in de onderste helft is het andersom. Dit inzicht maakt het mogelijk om regenbuien met een kleine smeltlaag en grote Z_{dr} te simuleren. Het feit dat de oriëntatie van de sneeuwvlokken afhangt van het smeltproces resulteert in een verschuiving van de maxima van Z_{dr} en L_{dr}: ze vallen niet samen. Het model van de smeltlaag wordt vergeleken met radarmetingen die zijn gedaan met een elevatie van 30° en met de radar gericht naar het zenit.

* * *

TRANSIENT ACOUSTIC WAVES IN CONTINUOUSLY LAYERED MEDIA

M.D. Verweij
17 december 1992
Promotor: Prof.dr.ir. P.M. van den Berg

In het eerste hoofdstuk van dit proefschrift wordt uitgelegd hoe fysische velden van verschillende aard en met verschillend tijdgedrag worden gebruikt om de verdeling van één of meer mediumparameters, die de materialen in de aarde karakteriseren, te bepalen. Uit deze verdeling van mediumparameters kan een voorspelling worden gemaakt omtrent de samenstelling van de aarde en, zoals bij de exploratiegeofysica, de mogelijke lokatie van natuurlijke hulpbronnen (olie, gas, mineralen, ertsen, water). Om uit een gemeten veld de verdeling van mediumparameters af te leiden, is het vaak noodzakelijk om het veld in een bekende configuratie te kunnen bepalen. Het onderwerp van dit proefschrift is het ontwikkelen van methoden voor het bepalen van het ruimte-tijddomein akoestische golfveld in een horizontaal continu gelaagd en isotroop medium; ondanks dat er zich situaties voordoen waarin zulke methoden hun nut kunnen bewijzen, zijn deze methoden tot op heden vrij zeldzaam. Omdat de configuratie invariant is in zowel de horizontale ruimtelijke richtingen als in de tijd, is voor de oplossing hiervan uitgegaan van de zogenaamde integraaltransformatie-methoden. Elke integraaltransformatie-methode bestaat uit drie basisstappen: transformatie van het ruimte-tijddomein probleem met behulp van integraaltransformaties, oplossing van het resulterende probleem in het getransformeerde domein, en terugtransformatie van deze oplossing naar het ruimte-tijddomein. Voor elk van deze stappen bestaan verscheidene wiskundige methoden, waaruit verder in dit proefschrift specifieke keuzen worden gemaakt teneinde twee complete integraaltransformatie-methoden te realiseren.

In hoofdstuk 2 wordt in detail de continu gelaagde configuratie, die in het verdere onderzoek wordt gebruikt, beschreven. Vervolgens worden de gelineariseerde ruimte-tijddomein vergelijkingen voor de grootheden van het akoestische golfveld gegeven. Deze akoestische basisvergelijkingen vormen een stelsel gekoppelde partitiële differentiaalvergelijkingen waarin afgeleiden naar de drie ruimtelijke coördinaten en de tijd voorkomen. Als eerste stap van de beide integraaltransformatie-methoden die zullen worden ontwikkeld, wordt het aantal afgeleiden in dit stelsel gereduceerd door toepassing van de enkelzijdige *Laplacetransformatie* met betrekking tot de tijd en de dubbelzijdige Fouriertransformatie met betrekking tot de horizontale coördinaten. Op deze manier wordt de dimensie van het probleem door middel van parametrisatie tot één gereduceerd, en wordt een gewone differentiaalvergelijking voor de akoestische toestandsvektor (met als componenten de getransformeerde vertikale deeltjessnelheid en de getransformeerde akoestische druk) verkregen. Door vervolgens een lineaire transformatie op de akoestische toestandsvektor toe te passen, verkrijgen wij de akoestische golfvektor, waarvan de componenten een neergaande of een opgaande golf voorstellen. Hierna worden de differentiaalvergelijking en de hiermee equivalente integraalvergelijking voor de akoestische golfvektor afgeleid. Het is zeer belangrijk dat wij in dit proefschrift een reële en positieve Laplacetransformatie-parameter toepassen, omdat hiermee in de verdere analyse vaak voorkomende problemen (zoals het aanwezig zijn van "turning points" in de differentiaalvergelijking in het getransformeerde domein) worden vermeden.

In hoofdstuk 3 wordt een eerste complete integraaltransformatie-methode gepresenteerd. De eerste stap, de transformatie van het ruimte-tijddomein probleem, is reeds uitgevoerd in hoofdstuk 2. Als tweede stap wordt in dit hoofdstuk de getransformeerde versie van het golfpropagatieprobleem in een horizontaal continu gelaagd medium opgelost door gebruik te maken van de WKBJ iteratieve oplossing (Neumannreeks) van de integraalvergelijking voor de golfvektor. Door het eerder gekozen transformatieschema kunnen wij bewijzen dat de oplossing in het getransformeerde domein convergent is voor *elke* horizontaal continu gelaagde configuratie. Bovendien houdt dit in dat de oplossing in het ruimte-tijddomein convergent is voor *elk* tijdstip. Zodoende is het in principe mogelijk om voldoende nauwkeurige resultaten te verkrijgen voor elke horizontaal continu gelaagde configuratie en voor elk tijdstip. De terugtransformatie van de gevonden oplossing naar het ruimte-tijddomein is de derde stap van deze integraaltransformatie-methode. Deze stap wordt uitgevoerd door de Cagniard-De Hoop-methode toe te passen op de individuele termen van de oplossing in het getransformeerde domein. Getoond wordt hoe de Cagniard-De Hoop-methode kan worden aangepast voor gebruik in *continu gelaagde configuraties*. Vervolgens is de numerieke implementatie van de nulde- en eerste-orde term van de ruimte-tijddomein oplossing behandeld, en zijn verschillende numerieke resultaten voor deze termen gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 wordt een tweede complete integraaltransformatie-methode gepresenteerd. De eerste stap, de transformatie van het ruimte-tijddomein-probleem, is reeds uitgevoerd in hoofdstuk 2. Als tweede stap wordt in dit hoofdstuk de getransformeerde versie van het golfpropagatieprobleem benaderend opgelost met behulp van *hogere-orde* WKBJ asymptotische representaties van de oplossing van de integraalvergelijking voor de golfvektor. Deze hogere-orde WKBJ asymptotische representaties zijn geldig rondom het punt oneindig van de Laplacetransformatie-parameter, d.w.z., deze geven in het ruimte-tijddomein aanleiding tot asymptotische resultaten voor kleine tijden. In het ruimte-tijddomein worden op deze manier benaderingen gevonden voor het golfveld na de aankomsttijd over een tijdsinterval met een zekere lengte. Door de keuze van de toegepaste transformaties blijven complicaties welke vaak optreden bij toepassing van WKBJ asymptotiek, zoals het niet langer geldig zijn van de WKBJ asymptotische ontwikkelingen bij een nulpunt van de vertikale "slowness" of bij het passeren van een Stokeslijn, achterwege. De terugtransformatie van de benaderende oplossingen naar het ruimte-tijddomein is de derde stap van deze integraaltransformatie-methode. Wij voeren deze stap uit door de Cagniard-De Hoop-methode toe te passen op de individuele termen van de

WKBJ asymptotische representaties van de golfveld-grootheden in het getransformeerde domein. Verder laten wij de implementatie van de theorie met behulp van een programma voor symbolische manipulatie zien. Tenslotte zijn verschillende numerieke resultaten voor het benaderde ruimte-tijddomein golfveld getoond.

In het laatste hoofdstuk worden enkele conclusies getrokken met betrekking tot de beide gepresenteerde integraaltransformatie-methoden die in dit proefschrift zijn ontwikkeld. In het algemeen valt op dat de eigenschappen van beide methoden sterk afhangen van de wiskundige methoden die zijn toegepast voor de drie basisstappen. De keuze van de Laplacetransformatie met betrekking tot de tijd, waarbij de transformatie-parameter positieve reële getallen kan aannemen, is van essentiële invloed op het vervolg van de theorie van beide methoden. De eerste integraaltransformatie-methode is toepasbaar in *elke* horizontaal continu gelaagde configuratie en kan in principe worden gebruikt om voldoend nauwkeurige resultaten voor het akoestische golfveld op *elk* gewenst tijdstip te bepalen. De methode is numeriek robuust, maar een nadeel van de methode is dat het numeriek gezien veel inspanning kost om de hogere-orde termen te berekenen. De tweede integraaltransformatie-methode levert het hogere-orde korte-tijd gedrag van het akoestische golfveld. De computerimplementatie van deze methode blijkt snel te zijn en levert opeenvolgende benaderingen op na de aankomsttijd over een tijdsinterval met een zekere lengte.

* * *

TOOL AND DATABASE INTERFACING BASED ON VIRTUAL OBJECTS

M.N. Sim
11 januari 1993
Promotor: Prof.dr.ir. P.M. Dewilde

Software systemen die veel taken uitvoeren hebben een complexe structuur. Ontwerpers van zulke software systemen beheersen de complexiteit door het systeem uit diverse onderdelen op te bouwen. Elk deel - *module* - voert een specifieke taak uit.

Een **programma** is een software module, die de gebruiker van een software systeem in staat stelt een taak uit te voeren. Het aantal programma's in het systeem neemt toe met de diversiteit aan taken die de gebruiker uitvoert. Gegevens worden *gemeenschappelijk* genoemd indien ze zijn gecreëerd met een programma om gebruikt te worden in andere programma's. *Persistente* gegevens zijn die gegevens die blijven bestaan nadat het programma, waarmee die gegevens zijn gecreëerd, is beëindigd.

Een **database**-module wordt op grote schaal in systemen gebruikt om de gemeenschappelijke en persistente gegevens te beheren. De taak van de database is het coördineren van het gebruik door de programma's van de gemeenschappelijke gegevens en om persistente gegevens naar een opslageenheid over te brengen.

De modulaire structuur van het systeem vereist dat de modules onderling communiceren. Een *programmeer-interface* is een speciale module die een programmeur in staat stelt deze communicatie te beheersen. Toen begonnen werd aan dit onderzoek was de gebruikelijke methode van interfacing een procedurele. Een procedurele interface bestaat uit een verzameling procedures en structuren die de overdracht van gegevens tussen programma's en database mogelijk maakt.

Bij procedurele interfacing treden de volgende problemen op:

i) De programmeur moet de procedures en de structuur van de gegevens leren;
ii) De programmeur moet de procedures inbouwen in het programma om het gegevens transport tussen programma en database te beheersen;
iii) De gegevens structuur die ontstaat bij het gebruik van het programma verschilt vaak van de structuur die door de database gebruikt wordt.

Deze complicaties motiveerden in het verleden onderzoekers om een programmeer-interface te ontwikkelen die voor de programmeur eenvoudiger te gebruiken is. Dit probleem is in dit proefschrift aangepakt door ervoor te zorgen dat objecten virtueel lijken voor de programmeur. Een virtueel object bestaat in de geheugenruimte van een programma op het moment dat het nodig is. Als de interface het gebruik van virtuele objecten ondersteunt hoeft de programmeur niet het transport van gegevens tussen programma en database te programmeren en is er dus geen noodzaak om deze procedures in het programma op te nemen.

De term *Virtual Object Interface System* (VOIS) wordt gebruikt om een interface te beschrijven dat gebruik maakt van virtuele objecten. In dit proefschrift worden de concepten van virtual object interfacing beschreven en worden verschillende problemen en oplossingen behandeld gebaseerd op een experimentele VOIS, genaamd *OPI*. Ook wordt het gebruik van het systeem onderzocht om het gegevensbeheer en de communicatie tussen programma's te verbeteren. De nadruk ligt hier op de interfacing van elektronische ontwerp programma's die gebruikt worden bij het ontwerpen van compacte elektronische schakelingen.

OPI is geschreven in een object-georiënteerde programmeertaal. Bij het gebruik van zo'n taal beschouwt de programmeur de gegevens in het programma als een groep interactieve objecten. De objecten sturen elkaar *requests* om diverse taken uit te voeren. *Inheritance* en *encapsulation* zijn belangrijke, door de object-georiënteerde taal ondersteunde, eigenschappen voor de implementatie van virtuele objecten. Inheritance stelt een object-type in staat om zowel gedrag als structuur van gegevens over te nemen van een ander object-type. In OPI bestaat een objecttype dat virtuele eigenschappen heeft. Door de inheritance-eigenschap kunnen objecten die door de programmeur ontwikkeld zijn die eigenschappen erven. Encapsulation betekent dat de interne gegevens van een object niet direct toegankelijk is voor andere objecten; zij moeten een request zenden naar het object. Encapsulation staat objecten toe in de geheugenruimte van het uitvoerende programma te bestaan zonder de interne gegevens die in deze objecten staan werkelijk uit de database te laden. De gegevens worden alleen in het object geladen als het een request ontvangt.

In hoofdstuk 1 wordt het interfacing probleem en de traditionele oplossing op het gebied van elektronisch ontwerpen geïntroduceerd. De software modules die gebruik maken van de interface worden besproken. Ook worden de karakteristieken van verschillende interface-systemen gepresenteerd. In hoofdstuk 2 wordt de automatisering van interfacing processen behandeld. De wijze van gegevens overdracht wordt geanalyseerd en definities van de te automatiseren handelingen worden gegeven. De keuze van een object-georiënteerde programmeertaal voor de implementatie van het interface-systeem wordt gemotiveerd en verschillende andere interface-systemen worden gepresenteerd. In hoofdstuk 3 komen de management modules, die nodig zijn voor de interfacing in OPI, aan de orde. Vervolgens wordt een overzicht van de run-time omgeving en de inpassing van OPI in een programmeer-omgeving getoond. Hoofdstuk 4 laat de eigenschappen zien van het virtuele object en hoe deze eigenschappen geïmplementeerd zijn. Hoofdstuk 5 handelt over de groepering van objecten die bij elkaar opgeslagen moeten worden en hoe de programmeur dit kan beheersen. Partitionerings-algoritmes worden gegeven. De eerste resultaten wijzen

erop dat de partitioneringstijd lineair blijft met het aantal objecten. In hoofdstuk 6 wordt beschreven hoe de OPI kernel uitgebreid kan worden om het ontwerpmanagement van kleine objecten te ondersteunen. In hoofdstuk 7 wordt een voorstel gedaan hoe de VOIS kernel gebruikt moet worden ter ondersteuning van *concurrent data sharing* tussen programma's. In hoofdstuk 8 wordt een testsysteem gepresenteerd. De programmeeromgeving moet een testsysteem hebben om programma's te testen die in ontwikkeling zijn. De gekozen benadering is om de test te beschouwen als een object, en vervolgens een object-georiënteerde database te gebruiken om de tests te beheren. Hoofdstuk 9 behandelt een praktijk voorbeeld van een procedurele interface, genaamd CFI-DRPI. De lezer wordt inzicht gegeven in de complexiteit van conventionele database-interfacing. In hoofdstuk 10 volgt een case study van de CFI-DRPI interface met gebruik van OPI. De eerste metingen geven aan dat de prestaties van OPI voldoende zouden kunnen zijn om een alternatief te bieden voor de procedurele interface. In hoofdstuk 11 wordt het in de voorgaande hoofdstukken behandelde werk overdacht. Verschillende suggesties gebaseerd op de ervaring van de schrijver en een vooruitblik worden gegeven.

Samenvattend is het de overtuiging van de schrijver dat de afhankelijkheid van een object-georiënteerde programmeertaal acceptabel is omdat dit type taal ook effectief is bij implementatie van grote software systemen. De eerste resultaten geven aan dat als de VOIS een goed partitioneringsalgoritme gebruikt de prestatie acceptabel is. De VOIS vormt een goede basis voor uitbreidingen.

* * *

A UNIFIED IF-DETECTION THEORY FOR PRACTICAL COHERENT OPTICAL SYSTEM DESIGN

P.W. Hooijmans

15 februari 1993

Promotor: Prof.dr. J.C. Arnbak

Signaaltransmissie via glasvezel in combinatie met coherente optische detectie is het optische equivalent van de traditionele heterodyne ontvangst zoals die wordt toegepast in radio, TV en de meeste andere transmissiesystemen die gebruik maken van de "ether". Afgezien van de draaggolffrequenties zijn heterodyne detectie in het radiodomein en het optische domein voor een zeer groot deel identiek. De klassieke digitale modulatiemethoden met behulp van amplitude-, frequentie- en fase-versleuteling kunnen dus worden toegepast. Heterodyne en homodyne detectie, diversiteitsontvangst, niet-coherente en asynchrone middenfrequentdetectie; vrijwel alle bekende technieken uit de radiotransmissie kunnen weer worden gebruikt in coherente optische systemen. Er is echter één belangrijke beperking, veroorzaakt door de stabiliteit van de optische oscillatoren. Terwijl de fasestabiliteit (of lijnbreedte) van elektrische oscillatoren in de orde is van enkele hertzen, is de overeenkomstige waarde voor optische laser-oscillatoren gewoonlijk ter grootte van megahertzen. Voor goede ontvangst betekent dit dat de ontvangerconfiguraties geheel anders worden geoptimaliseerd dan het geval is bij radioontvangers.

De belangrijkste kwaliteitseis van een (coherente optische) digitale ontvanger is de ontvangergevoeligheid bij een voorgeschreven bitfoutenkans. Een groot probleem daarbij zit in de faseruis van het middenfrequente signaal, die een "vloer" in de bitfoutenkarakteristiek en een snel toenemende reductie van de ontvangergevoeligheid kan veroorzaken. Bij het ontwerp van een ontvanger voor een bepaald modulatieschema is de voornaamste taak dan ook de selectie van een configuratie die de vloer onderdrukt tot een voldoende lag niveau. Gegeven de zo geselecteerde ontvanger moet vervolgens worden bepaald welke factoren het uiteindelijke systeemgedrag beperken en de ontvangergevoeligheid reduceren.

Dit proefschrift biedt een aantal gereedschappen die kunnen dienen bij het ontwerp van coherente optische systemen. Aangezien gevoeligheidsreducties ten gevolge van de optiek in de ontvanger vandaag de dag goed worden begrepen, is alle aandacht geconcentreerd op de prestaties van de elektronica. Dit vereist een gedetailleerde analyse van met name het middenfrequente detectieproces. Middenfrequentfiltering, de eigenlijke detectie, post-detectie filtering en signaalregeneratie in het besliscircuit moeten daarbij allemaal worden meegenomen. Hiertoe is een algemene theorie van het middenfrequente detectieproces opgezet. Deze theorie heeft het voordeel van een zeer compacte notatie, die de gebruiker van de onderliggende wiskunde afschermt. Dit maakt het mogelijk op eenvoudige wijze zeer uiteenlopende ontvangerconfiguraties te analyseren. Voor elk van de modulatieschemas ASK, FSK, continufase-FSK (CPFSK) en differentiële PSK (DPSK) is daarom de werking geanalyseerd van heterodyne ontvangers met een enkele middenfrequent tak, polarisatiediversiteitsontvangers en fasediversiteits homodyne ontvangers. Voor een nauwkeurige en volledig analytische evaluatie van de ontvangerwerking is het daarbij echter van belang dat twee effecten worden gescheiden. Het eerste is de invloed van de faseruis.

Zichtbare vloeren in de bitfoutenkarakteristiek zijn niet toegestaan in operationele systemen, zodat allereerst de condities waaronder deze vloeren onzichtbaar zijn dienen te worden gevonden. Hiertoe zijn bestaande theorieën uitgebreid teneinde nuttige resultaten te krijgen. Het blijkt dat een grotere lijnbreedte een toenemende frequentiezwaai vereist, wat kan worden vertaald in bredere middenfrequentfilters. Tegelijkertijd kan de invloed van de lijnbreedte worden gereduceerd door de juiste post-detectie filtering. Door brede middenfrequentfilters te gebruiken kunnen zichtbare lijnbreedteeffecten worden onderdrukt en kan de analyse worden voortgezet alsof de middenfrequente draaggolf zonder faseruis is.

Het tweede effect is vervolgens de invloed van de additieve Gaussische ruis in de middenfrequentsectie van de ontvanger. Ten gevolge van de grote filterbandbreedte zal de signaal-ruisverhouding voor middenfrequentdetectie veel lager zijn dan in traditionele radioontvangers. De analyse zonder meename van de faseruis is volledig analytisch en maakt enkel gebruik van kansdichtheidsfuncties. Dit levert zeer compacte uitdrukkingen voor de ontvangergevoeligheidreductie als functie van de middenfrequentbandbreedte en de efficiëntie van het detectieproces. In één-filter ASK-ontvangers komt daar nog een belangrijke parameter bij: de beslisdrempel. Hiervoor is een zeer nauwkeurige benadering afgeleid die ook van ASK-ontvangers een realistische en complete analyse mogelijk maakt.

Tenslotte zijn de resultaten van de theoretische analyse geverifieerd door een evaluatie van systeemmetingen. Een eerste systeem heeft een 140-560 Mbit/s FSK-polarisatiediversiteitsontvanger met nauwkeurige twee-filter kwadratische middenfrequentdetectie. Het tweede systeem gebruikt CPFSK-fasediversiteitsontvangst met differentieel-coherente middenfrequentdetectie op 1 Gbit/s. Een gedetailleerde vergelijking van de gemeten met de voorspelde ontvangergevoeligheden levert afwijkingen die binnen of slechts weinig buiten de meetnauwkeurigheden vallen. Het proefschrift eindigt met een aantal richtlijnen voor het ontwerp van coherente optische systemen, het resultaat van zowel de theoretische analyse als praktische ervaring in systeemontwerp.

* * *

SURFACE CHARGE ACCUMULATION IN SF_6

T. Jing

15 maart 1993

Promotor: Prof.dr.ir. F.H. Kreuger

Ladingsopbouw op een isolatoroppervlak kan het electrische veld sterk veranderen en daardoor de werking van GIS, gas geïsoleerde schakelsystemen, verslechteren. Zowel de verschijnselen als de mechanismen worden in dit proefschrift bestudeerd.

Hoofdstuk 1 geeft een algemene inleiding, waar de problemen uit de praktijk en het doel van dit proefschrift worden beschreven.

Hoofdstuk 2 introduceert de meetmethoden, o.a. de capacitieve meetsonde. Het ijken van de sonde wordt bestudeerd, hetgeen van belang is om een goede meting uit te kunnen voeren. Het ijken wordt tweemaal gedaan, met spanning op een metalen plaat: één keer voor de meting van de capaciteit tussen isolator en sonde, de andere keer voor de meting van de capaciteit binnen de isolator (twee-stappen methode, §2.4 en §2.5). Dit verbetert de nauwkeurigheid van het ijken en maakt het mogelijk om ook de ladingen op gebogen isolatoroppervlakken te meten.

Hoofdstuk 3 behandelt de meetopstelling en het ontwerp van het meetsysteem. De elektroden en de isolatoren werden d.m.v. veldberekeningen ontworpen. Het meetprogramma en de programma's om de gegevens te verwerken worden met *Quickbasic* beschreven.

Hoofdstuk 4 presenteert de testresultaten: de verschijnselen van oppervlakteladingsopbouw onder verschillende condities, met aandacht voor de mechanismen verantwoordelijk voor ladingsopbouw en -afbouw. Een overzicht wordt ook gegeven van de factoren die de ladingsopbouw beïnvloeden.

Hoofdstuk 5 bestudeert de theorie van de ladingsopbouw. Hier volgt uit dat het voornaamste mechanisme de ladingsbeweging is langs de electrische veldlijnen. Micro gasionizatie op het electrode oppervlak is verantwoordelijk voor het ontstaan van de lading. Een veldstudie toont aan dat de ladingsopbouw onvermijdelijk is wegens de sprongsgewijze verandering van de diëlectrische eigenschappen aan het isolatoroppervlak.

Hoofdstuk 6 onderzoekt de invloed van de oppervlakteladingsopbouw op de verandering van de velden. Ook wordt het ontwerpen van isolatoren in dit hoofdstuk besproken.

De belangrijkste conclusies wordt samengevat in hoofdstuk 7 en er wordt een aantal voorstellen gedaan voor toekomstig onderzoek.

* * *

AUTOMATED HIERARCHICAL TESTABLE DESIGN OF DIGITAL CIRCUITS

M. Kraak

23 maart 1993

Promotoren: Prof.dr.ir. R.H.J.M. Otten en Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven

Dit werk behandelt de ontwikkeling van een methode betreffende het hiërarchisch toevoegen van testbaarheid aan digitale systemen. Het onderscheid tussen deze en bestaande methoden is drievoudig.

Ten eerste gaat de methode om met daadwerkelijke hiërarchie, dat wil zeggen dat drie verschillende niveaus van abstractie behandeld kunnen worden, te weten het *blok, module* en *logisch niveau*. Ten tweede maakt de methode het mogelijk om testbaarheid op systemen in plaats van alleen schakelingen te beschouwen. Ten derde laat de methode toe dat het ontwerpproces van testbaarheidsanalyse, teststrategie selectie met inbegrip van kostenoptimalisatie en inpassen van testmethoden in het ontwerp geautomatiseerd kan worden. Hierdoor brengt de hier ontwikkelde methode testbaar ontwerp binnen bereik van de alledaagse praktijk van geautomatiseerd en hiërarchisch ontwerpen.

De methode is gebaseerd op het modificeren van de graaf van de topologie van een systeem, waarbij de karakteristieken van de componenten op elk ontwerpniveau in ogenschouw worden genomen. Op elk niveau wordt deze graaf zodanig gemodificeerd dat alle knooppunten bereikbaar en zichtbaar zijn via onafhankelijke paden. De selectie van teststrategieën wordt stapsgewijs verfijnd door gebruik te maken van de testbaarheidskarakteristieken die afgeleid worden op het *blok, module* en *logisch niveau*. Op het blok niveau worden pseudo-blokken geplaatst op die plaatsen waar onafhankelijkheid van signalen niet gegarandeerd kan worden. De testmodules van het module niveau worden op een soortgelijke wijze geplaatst, gebruikmakende van informatie omtrent ontwerpstijlen en architecturen. Op het logisch niveau worden de test-modules samengenomen met bestaande logica of worden deze omgezet in speciale teststructuren.

De methode is geïmplementeerd middels een prototype met de naam WAGNER. WAGNER past het ontwerp van een digitale schakeling aan aan testen door gebruik te maken van expertise en heuristieken op het terrein van testbaar ontwerp, beide opgeslagen in twee regelverzamelingen met de namen TRISTAN en ISOLDE. TRISTAN (*TRI-S*tage *T*estability *AN*alysis) analyseert de testbaarheid van een schakeling uniform over de gehele ontwerphiërarchie. Dit is bereikt door de kennis die is afgeleid op basis van de testbaarheidsregels en de topologie van de schakeling te propageren door de drie ontwerpniveaus. TRISTAN produceert kwalitatieve testbaarheidsinformatie, dat wil zeggen dat uitspraken gedaan worden omtrent de lokatie en inhoud van niet of moeilijk te testen structuren in het ontwerp. ISOLDE (*I*ntelligent *S*ynthesis *O*f testab*Le DE*signs) synthetiseert testbaarheid in het ontwerp op basis van TRISTAN's analyseresultaten.

Het voorwaarts redenerend mechanisme van WAGNER's afleidingsmachine is gebruikt om geautomatiseerde kostenoptimalisatie te bereiken. De karakteristieken van voorwaarts redeneren zijn gebruikt om de verzameling van toepasbare teststrategieën te exploreren. Tijdens de synthese wordt een *conflictverzameling* samengesteld, waarin opgenomen die regels die gerelateerd zijn aan de teststrategieën die de overtredingen van de analyseregels relaxeren. Het samenstellen van de conflictverzameling wordt gestuurd door de aanwezige hardware in het ontwerp om die maximaal aan te wenden voor testbaarheid. Hiermee wordt de hoeveelheid toe te voegen hardware verminderd.

Het voorwaarts redeneringsmechanisme in combinatie met de structurele testbaarheidsanalyse vormt de basis om direct de teststrategie die het best gebruik maakt van beschikbare hardware af te leiden. Dit maakt het selectieproces open en inzichtelijk en het voorkomt dat een ontwerper moeilijk te interpreteren preferenties moet toekennen aan de selectiecriteria. Terugwaarts redenerende mechanismen en planning systemen vereisen een a priori geselecteerde teststrategie en pogen die strategie zo goed mogelijk in een schakeling in te passen. De in de literatuur beschreven hierop gebaseerde methoden gebruiken een of andere vorm van toekennen van niveaus aan hun selectiecriteria en moeten de stappen van hun oplossingsproces kunnen terug traceren.

De evaluaties met WAGNER van ontwerpen afkomstig uit de industrie, hebben aangetoond dat de methode geschikt is voor automatisering van testbaar ontwerp. Aangetoond is dat WAGNER eenvoudig samen te voegen is met bestaande CAD omgevingen. Experimenten met het systeem door ontwerpers hebben aangetoond dat het structureren van de methode als een expert system, de ingrepen die het doet in hun ontwerpen acceptabel maakt.

* * *

THREE-DIMENSIONAL ANALYSIS OF LIGHT MICROSCOPE IMAGES

A. Verweij

5 april 1993

Promotoren: Prof.dr.ir. E. Backer en prof.dr. S.W. de Laat

Informatie over de posities van cellen binnen een embryo zijn van groot belang voor de ontwikkelingsbiologie, omdat cellen zich in de normale ontwikkeling van een embryo op complexe wijze kunnen verplaatsen. De ontwikkelingsstaat van een cel wordt namelijk niet alleen bepaald door de huidige signalen tussen de cel en haar buren en van uit de rest van de omgeving, maar ook door haar voorgeschiedenis. Klonale analyse -- het markeren van één cel en het bestuderen van haar nageslacht -- is een bruikbare methode om deze voorgeschiedenis vast te stellen en daarmee om de bestemming van de voorouder te bepalen. Voor muizeëmbryo's gebeurt deze analyse tot nu toe handmatig. In dit proefschrift wordt de mogelijkheid van kwantitatieve analyse van celpatronen besproken.

Allereerst zal een drie-dimensionaal beeld van het embryo gevormd moeten worden. Bestaande beeldvormingsmethoden zijn echter niet in staat een geschikt drie-dimensionaal beeld op te nemen, zodat dit beeld opgebouwd wordt uit de beelden van gesneden coupes. Dit houdt echter in dat de positie en oriëntatie van ieder beeld t.o.v. de andere beelden moet worden bepaald bij voorkeur computer gestuurd. De stapelmethode bestaat uit een grove en een fijne uitlijning. De grove uitlijning is gebaseerd op de vorm van het plastic. In de fijne uitlijning worden de optimale verschuiving en verdraaiing gevonden door het verschil tussen twee beelden te minimaliseren. Door als foutmaat de gemiddelde kwadratische fout te kiezen, kan dit optimaliseren gebeuren met de "aangepaste Newton-Raphson" methode -- een iteratief algoritme dat zowel eerste als tweede orde afgeleiden gebruikt. Het resulterende algoritme is sneller dan de bestaande uitlijningsalgoritmen die het verschil tussen twee beelden minimaliseren, en heeft een nauwkeurigheid van ongeveer 2 beeldpunten voor verschuivingen en 0.01 radiaal voor verdraaiingen.

Door variatie in belichting en absorbtie per coupe bestaan er echter aanzienlijke verschillen in intensiteit. Normalisatie van de intensiteiten is dus nodig. De bruikbaarheid van bestaande normalisatietechnieken voor een dergelijke stapel van beelden is onderzocht. Bovendien is de mogelijkheid getest om gebruik te maken van het feit dat de beelden onderling sterk gecorreleerd zijn, waarmee in de standaard methoden geen rekening wordt gehouden. Er moet echter geconcludeerd worden, dat hiervan geen gebruik gemaakt kan worden, omdat de dikte van de coupes te groot is. Daarnaast zijn dergelijke algoritmen langzamer dan de methoden die deze informatie niet gebruiken. De drie-dimensionale beelden van de muizeëmbryo's zijn te normaliseren met een op intervallen lineaire afbeelding van de grijswaarde schaal.

Individuele cellen moeten in het drie-dimensionale beeld worden gedetecteerd. Door vervorming en een soms niet optimale stapeling vormen cellen echter niet altijd een aaneengesloten geheel. In de ontwikkelde methode wordt eerst in iedere coupe naar gedeelten van cellen gezocht, waarna de optimale combinatie van deze gedeelten wordt bepaald. Visueel lijken alle aanwezige cellen correct te zijn gevonden. De posities van deze cellen moeten vervolgens gerelateerd worden aan het embryo. Daarom worden de oriëntatie en positie van het embryo geschat door er een ellipsoïde om heen te passen. Onderzocht is welke methode het beste gebruikt kan worden voor een redelijke schatting. De gegeneraliseerde eigenwaarde schatting blijkt van de directe methoden de beste te zijn. Deze methode is echter wel zeer ruisgevoelig. Bovendien zijn de effecten van voorbewerkingen en ongelijke afstanden tussen de beeldpunten onderzocht. De anisotrope bemonstering moet in de methode worden opgenomen, maar dit is eenvoudig te realiseren.

Tenslotte is een methode beschreven om celpatronen te analyseren. Het uiteindelijke doel is om een schatting te maken van de paden die individuele cellen gevolgd hebben op basis van de positie van de geïnjecteerde cel en de posities van de dochtercellen. De ontwikkelde methode maakt een schatting door een stamboom te construeren. Als beste boom wordt gekozen degene die de laagste kosten heeft, t.o.v. een bepaald criterium. De som van de kwadratische afstanden gewogen met een tijdsfactor heeft twee plezierige eigenschappen: gebalanceerde bomen worden verkregen en de optimale posities van interne splitsingen kunnen snel berekend worden; voor de kosten zijn deze posities zelfs niet nodig. Aangezien het aantal mogelijke stambomen zeer explosief stijgt met het aantal afstammelingen, is het genereren en testen van alle mogelijkheden voor grote aantallen uitgesloten. Onderzocht is of de beste boom te genereren is met behulp van een gretige zoekmethode (GS) of met behulp van "simulated annealing" (SA). Beide methoden vinden soms een suboptimale oplossing. Voor 12 en 14 cellen is GS goedkoper en sneller dan SA. SA kan betere oplossingen geven, maar gebruikt dan nog meer tijd. Een aantal suggesties is gedaan om de optimalisatie nog verder te verbeteren.

* * *

ASPECTS OF ROBOT VISION AND OBJECT VERIFICATION

D.J.W. Bierhuizen

5 april 1993

Promotor: Prof.dr.ir. E. Backer

In dit proefschrift worden een aantal aspecten van visuele objectidentificatie in assemblagesystemen beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt een ontwerp getoond van een identificatiesysteem, dat gebruik maakt van processing van een lage- naar een hoge beeldresolutie. Dit systeem wordt voorts gekenmerkt door een hypothesegestuurde verwerking en geplande acties, door middel van off-line kenmerkselectie. De beeldverwerking vindt voornamelijk plaats in interessante gebieden, ofwel "regions-of-interest", wat resulteert in een lokaal segmentatieschema.

Het identificatiesysteem blijkt robuust en efficiënt te zijn en daardoor geschikt voor industriële toepassingen. Tot de interface met de assemblagecel behoort een gangbare CAD database en een betrekkelijk eenvoudig controlemechanisme, waarbij tevens een eenvoudige berichtenstructuur kan worden gehanteerd.

Voor de off-line kenmerkselectie is een mechanisme gedefinieerd, dat een aantal geuniformiseerde criteria combineert tot gemiddelde kosten. De kosten worden geminimaliseerd door middel van ordenen van kenmerken.

In hoofdstuk 3 wordt drie-dimensionale positieschatting wiskundig geformuleerd, onder aanname van een stabiele objectpose. Tevens wordt een "non-biased" lineaire schatter voorgesteld, welke de variantie van de schatting minimaliseert. De variantie wordt afgeleid als functie van discretisatie-resolutie en calibratie-onnauwkeurigheid. Er wordt een relatie tussen grove en fijne nauwkeurigheid afgeleid, welke een functie is van resolutie en hoeveelheid data. Deze relatie is zinvol bij het kiezen tussen, respectievelijk het wegen van, de data.

In hoofdstuk 4 wordt het concept van het identificatiesysteem gegeneraliseerd naar cylindrische objecten.

De vraagstelling is hoe dataselectie in region-of-interest verwerking plaatsvindt. Bij cylindrische objecten vallen vaak concentrische ellipsen

binnen een enkele region-of-interest. Parametrisch clusteren blijkt hiervoor de beste oplossing te bieden.

Selectie van discriminerende kenmerken, gebaseerd op geometrische eigenschappen, is hier minder triviaal dan bij polyhedrale objecten. We onderscheiden twee criteria bij selectie van discriminerende geometrie: perspectivische- en object-coïncidentie. Aan de hand van deze criteria worden de mogelijke edge combinaties geselecteerd.

In hoofdstuk 5 wordt een uitbreiding op de "eigenschappen-bol" gemaakt door introductie van grijswaarde-informatie. Hierbij is een model van sensor, lichtbron, objectvlakken en achtergrond nodig. Het Phong model wordt vergeleken met het Torrance-Sparrow model bij het schatten van parameters uit een leerbeeld.

De gemeten fout wordt gebruikt om de performance van grijswaardecorrelatie tussen een model "template" en een beeldgebiedje. Hier wordt een model gebruikt dat alleen verschuivingen omvat.

In hoofdstuk 6 wordt een accumulatietechniek op basis van "viewpoints" beschreven. Hierbij wordt zowel topologische als geometrische informatie gebruikt.

De gangbare accumulatietechnieken zijn geschikt voor parallelle implementatie. In het algemeen wordt echter geen consistentie afgedwongen, wat leidt tot slechte discriminatie en ruisgevoeligheid.

Het afdwingen van consistentie is juist aanwezig bij sequentiële benaderingen zoals de klasse van constrained-search en hypothese-en-test algoritmen. Het beste resultaat wordt verkregen door een sequentiële benadering te combineren met bovenstaande methoden tot een vorm met een hoge mate van parallellisme.

Een raamwerk voor het meten van de performance van de accumulatietechniek wordt beschreven, waarbij eigenschappen van maximale cliques en statistische occupatietheorie worden gebruikt.

Het voorgestelde systeem werkt bevredigend in geval van gescheiden objecten.

* * *

ANALYSIS OF ELECTRON MICROSCOPE IMAGES

J.P.P. Starink

6 april 1993

Promotoren: Prof.dr.ir. E. Backer en Prof.dr. A.J. Verkleij

Biologen maken al lang gebruik van microscopen om cellen te bestuderen. Voor dat doel bestaan er twee soorten microscopen: de lichtmicroscoop (LM) en de elektronenmicroscoop (EM). Beide typen produceren twee-dimensionale (2-D) beelden, die in feite projecties zijn van drie-dimensionale (3-D) structuren. Door onderzoek naar bijv. ruimtelijke structuren en cellulaire processen, groeit de behoefte naar 3-D informatie.

In het algemeen worden cellen in de LM in hun geheel afgebeeld. Om ze te reconstrueren kan gebruik gemaakt worden van 'optical sectioning' door het focusvlak door de cel te bewegen. Cellen zijn echter te groot om in de EM te bekijken en moeten daarom eerst fysiek in plakjes (coupes) worden gesneden. Deze coupes variëren in dikte van 70 nm tot 1.5 μm. De opnamen hiervan worden op elkaar gestapeld om een 3-D reconstructie te krijgen.

Om eiwitten te lokaliseren die betrekking hebben op de structuren en/of processen die we willen bestuderen, worden antilichamen gebruikt. Dit zijn eiwitten die specifieke atoomconfiguraties herkennen. Aan de antilichamen wordt een herkenbare marker gekoppeld. Voor LM is dit een fluorescerende groep, voor EM inspectie bijv. een gouddeeltje. In deze dissertatie behandelen we de verwerking van EM beelden die goud gelabelde eiwitten bevatten.

De gouddeeltjes variëren in grootte van kleiner dan 1 nm tot 50 nm en zijn in de EM zichtbaar als donkere vlekjes. Omdat ze kleiner zijn dan de dikte van de coupe, ontstaat er een behoefte aan ultrastructurele informatie. Deze kan worden verkregen door bijv. gebruik te maken van twee gekantelde opnamen van het preparaat (stereomicroscopie), wat resulteert in structurele beschrijvingen (punten, lijnen, vlakken). Grijswaardenreconstructie van het preparaat is mogelijk met tomografische technieken.

In deze dissertatie hebben we onderzocht of de gouddeeltjes in drie dimensies kunnen worden gelokaliseerd uit twee stereo-opnamen m.b.v. beeldverwerkingstechnieken. Verder vindt gebruikersassistentie bij voorkeur alleen plaats in akties waarbij geen kwantitatieve data wordt gegenereerd of veranderd. Het probleem kan worden opgedeeld in vier stappen:

1. Lokalisatie van de gouddeeltjes in de twee stereo-opnamen.
2. Uitlijnen van de stereo-opnamen.
3. Zoeken van de corresponderende deeltjes.
4. Schatten van de diepte van de deeltjes.

In het ideale geval worden de gouddeeltjes afgebeeld als zwarte objecten op een witte achtergrond. Een drempeling is dan voldoende om de deeltjes van de achtergrond te scheiden. Om de deeltjes aan biologische structuren te kunnen relateren, worden ook deze gevisualiseerd. Dit gebeurt door kleuring met zware metalen als Uraan en Lood. Voor de lokalisatie wordt nu eerst de achtergrond van het beeld geschat. Deze wordt vervolgens afgetrokken van het origineel. Dan worden punten binnen de goudgebieden gezocht, die gebruikt worden in een 'region growing' procedure. Hierin worden net zolang aangrenzende punten aan het gebied toegevoegd totdat de rand ervan bereikt is. Als gevolg van overprojektie en aggregatie, kunnen meerdere gouddeeltjes in één gebied terecht komen. Na de segmentatie wordt getracht deze deeltjes weer te scheiden.

De preparaten worden gefotografeerd op sheet-film en gedigitaliseerd met een CCD-camera. Onafhankelijk van de moeite die men doet om de opnamen uit te lijnen, blijft er altijd een klein translatie- en rotatieverschil tussen de beelden bestaan. Ook blijft er een schalingsverschil bestaan door verschillen in vergroting en focussering in de microscoop. Om de uitlijnparameters te schatten, moet de gebruiker minimaal vier corresponderende puntparen aangeven. Meer dan vier puntparen resulteert in een betere schatting.

De volgende stap, de matching, is het vinden van de overige puntparen. Een gouddeeltje in het ene beeld is óf aanwezig, óf afwezig in het andere beeld. Verder kan het horen bij meer dan één deeltje als gevolg van overprojektie. Het matching-probleem wordt benaderd als een minimalisatie-probleem. Eerst wordt voor elk mogelijk paar de matching-kosten berekend gebaseerd op drie componenten: de afstand van het ene punt tot de epipolaire lijn van het andere punt, de gelijkenis tussen de grijswaardenomgevingen van de deeltjes en de overeenkomst tussen de configuratie van de omliggende gouddeeltjes. De som van de kosten wordt vervolgens geminimaliseerd met een procedure gebaseerd op simulated annealing. Wanneer de puntparen gevonden zijn, wordt de diepte van de deeltjes geschat. De fout in deze schatting hangt af van twee factoren. De eerste is de tilt hoek. Als regel geldt dat hoe groter deze hoek is, hoe nauwkeuriger de schatting is. De tweede factor is de nauwkeurigheid van de uitlijnparameters. Deze bepalen vooral de correctheid van de gevonden matching.

Wanneer het wenselijk is om positie van de gouddeeltjes te kunnen relateren aan omliggende structuren, dan is een 3-D grijswaarden-beschrijving nodig van het preparaat. Deze kan worden verkregen door gebruik te maken van ten minste 11 gekantelde opnamen in het gebied van $-60°$ tot

+60 ° met behulp van tomografische technieken.

Naast het beschreven onderzoek worden nog twee onderwerpen behandeld in deze dissertatie. De eerste is de grootte-schatting van membraan vesicles m.b.v. de vriesbreektechniek. Hierbij worden de vesicles ingevroren en gebroken. Op het breukoppervlak ontstaan dan kapjes en putjes, afhankelijk van de plaats waar de vesicles worden geraakt door het breukvlak. Schuin opdampen met platina zorgt voor slagschaduwen op het breukoppervlak. De oppervlakten van het beschaduwde en onbeschaduwde gebied van een putje worden gebruikt om de grootte van het oorspronkelijke vesicle te schatten.

Het tweede onderwerp is de delineatie van verruiste objecten in 3-D beelden. Uitgaande van een initiële schatting van de objectrand wordt m.b.v. een zoekmethode gebaseerd op dynamisch programmeren een betere rand gezocht. In de methode wordt het beeld loodrecht op de schatting van de rand opnieuw bemonsterd. Langs de bemonsteringslijnen wordt aan elk punt een waarde toegekend die proportioneel is met de kans dat het tot de werkelijke rand behoort. De optimale rand wordt gezocht en teruggetransformeerd naar het oorspronkelijke beelddomein. Dit probleem is uitgebreid beschreven voor 2-D beelden. Hier is met name de zoekmethode beschreven voor 3-D beelden.

* * *

SCALING AND TEXTURE

E.J. Eijlers
6 april 1993
Promotor: Prof.dr.ir. E. Backer

Bij de ontwikkeling van systemen voor digitale beeldverwerking en -analyse wordt men geconfronteerd met de mogelijkheid dat er zich texturele gebieden kunnen bevinden in de te verwerken beelden. Ondanks de rol die textuur speelt binnen de beeldverwerking, is textuur als beeldverwerkingsfenomeen nog steeds ongedefinieerd. Zelfs het beschrijven van het begrip textuur blijkt een moeilijke zaak te zijn. Vaak wordt de beschrijving aangevuld met voorbeelden om het te verduidelijken. Als voorbeelden van texturen zijn te noemen: tapijt, wolken, textiel, leer, enz. Het begrip textuur wordt nog weleens in verband gebracht met structuur. Echter, een textuur hoeft zeker niet gestructureerd te zijn om door de mens als homogeen ervaren te worden. Het is juist deze eigenschap die de definitie van het begrip bemoeilijkt, en dientengevolge de analyse.

Analyse vindt plaats met een zogenaamde textuuroperator. Meestal kwantificeert een dergelijke operator de textuur binnen een venster waarvan de afmetingen gegeven zijn. Het oorspronkelijke beeld wordt getransformeerd door deze operator te schuiven over het gehele beeldvlak, waarbij de verkregen waarde meestal wordt toegekend aan het centrale beeldelement. Reeds tijdens de segmentatiefase - één van de eerste fasen binnen het hele beeldverwerkingsproces - bestaat er de behoefte aan een dergelijke operator. Gedurende deze fase wordt het beeld opgedeeld in gebieden die volgens een bepaald criterium homogeen zijn. Dat betekent dat van een textuuroperator wordt verwacht dat deze een constante waarde afgeeft indien de onderliggende textuur gelijk is.

Een aantal van de omschrijvingen van textuur wijst op de schalingsaspecten van textuur. De verschijningsvorm van een textuur kan namelijk drastisch veranderen indien de waarnemingsschaal wordt gewijzigd. Van de vele textuuroperators die in de literatuur te vinden zijn, zijn er een aantal die de direkte mogelijkheid bieden om het schalingsniveau waarop de textuur wordt bestudeerd in te stellen. Echter, een dergelijke mogelijkheid verwacht voorkennis van de schaal (of het schalingsinterval) waarop de textuur bestudeerd dient te worden. In de praktijk hoeft deze voorkennis niet aanwezig te zijn. Het is daarom wenselijk om een analyse methode te volgen waarbij het beeld op een breed schalingsinterval wordt bestudeerd. Bij het bestuderen van beeldaspecten op verschillende niveaus van schaling wordt binnen de beeldverwerking vaak gebruik gemaakt van de zogenaamde piramidale datastructuur; ook wel aangeduid met piramide. Een dergelijke structuur bestaat uit een aantal lagen die het beeld op verschillende niveaus van resolutie beschrijven. Stel dat de afmetingen van het originele beeld 256 x 256 bedragen, dan bestaat de piramide uit 9 lagen, met de afmetingen: 256 x 256, 128 x 128, 64 x 64, 32 x 32, 16 x 16, 8 x 8, 4 x 4, 2 x 2, en 1 x 1. Indien we nu de lagen boven elkaar geplaatst denken, herkennen we hierin de piramidevorm. Cruciaal bij de initialisatie van een piramide is de resolutiereductie. In het geval van bijvoorbeeld de Gaussische piramide bestaat deze uit een Gaussisch filter en een herbemonsteringsstap. Met de Gaussische piramide beschikt men over 9 laag-doorlaat gefilterde versies van het oorspronkelijke beeld.

Het scala aan piramidesoorten binnen de beeldverwerking is groot. Dit wordt zowel veroorzaakt door de aard van de informatie in de piramide als de wijze waarop de resolutiereductie plaatsvindt. Andere voorbeelden van piramides zijn die van de binaire piramide en de Laplace piramide. Deze laatste bestaat uit banddoorlaat gefilterde versies van het oorspronkelijke beeld.

In de literatuur zijn twee soorten van gebruik van de piramide te vinden. Bij het eerste type van gebruik wordt de structuur gebruikt om de variantie in de data te reduceren. Dat wil zeggen dat de variantie in de data afneemt met de hoogte in de piramide. In de praktijk blijkt dat deze wijze van resolutiereductie meestal de eenvoudigste is. Het tweede type van gebruik is gebaseerd op het idee dat hogere niveaus in de piramide corresponderen met een beschrijving van de beeldaspecten op een grover schalingsniveau. Dit type van gebruik wordt geacht meer in overeenkomst te zijn met het concept van piramidale datastructuren. Echter, het ontwerp van een resolutiereductie operator is voor dit type gebruik niet triviaal. Dit geldt zeker ook voor de textuurpiramide, die de onderliggende textuur beschrijft op meerdere niveaus van schaling. Het ontwerp van een resolutiereductie operator voor de textuurpiramide staat daarom centraal binnen dit proefschrift.

Zoals we reeds hebben opgemerkt zijn er een aantal textuuroperators, welke de mogelijkheid bieden om het schalingsniveau in te stellen waarop de textuur wordt bestudeerd. Echter deze mogelijkheid garandeert nog niet dat de initialisatie van de textuurpiramide triviaal is. Met name randeffecten als gevolg van de verhouding tussen de vensterafmetingen en de afmetingen van de te initialiseren laag in de piramide gaan steeds meer overheersen naarmate men hoger in de piramide komt. Feitelijk is de optimale wijze van resolutiereductie, die waarbij de textuureigenschappen opborrelen in de piramide, en wel zodanig dat naarmate de laag hoger in de piramide is, de beschrijving een grover aspect van de textuur belicht. Een dergelijke methode dient gebaseerd te zijn op een model, waarbij het schalingsaspect is verdisconteerd. Een dergelijk model zou gebaseerd kunnen zijn op de fractal theorie. Centraal binnen deze theorie is de beschrijving van fenomenen op verschillende niveaus van schaling.

Het idee van de fractaltheorie wordt vaak geïllustreerd met de vraag: "Hoe lang is de kustlijn van Engeland?". Het blijkt dat op deze vraag geen consistent antwoord is te geven. Immers naarmate de kustlijn met een kleinere meetlat wordt gemeten, zal de nauwkeurigheid waarmee deze wordt gevolgd toenemen. Als gevolg daarvan zal de kustlengte toenemen met de nauwkeurigheid waarop men meet. Om uiteindelijk een consistent antwoord te kunnen geven op deze vraag, wordt de fractal dimensie geïn-

troduceerd. De fractal dimensie kan worden beschouwd als een maat welke de grilligheid van een fenomeen kwantificeert. Een eigenschap die dan ook overeenkomt met onze wens om textuur te kwantificeren.

De fractal dimensie maakt deel uit van een oneindig aantal dimensies, welke zijn gedefinieerd in het algemene dimensiemodel. Dit model heeft een parameter die wordt gebruikt als een wegingsmechanisme. Voor elke waarde van de parameter wordt een nieuwe dimensiemaat verkregen, welke een ander aspect benadrukt. De theorie beveelt dan ook aan om naast de fractal dimensie nog tenminste één andere dimensiemaat in beschouwing te nemen. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat twee duidelijk verschillende signalen een gelijke fractal dimensie opleveren. Juist in die gevallen wordt het gebruik van een aanvullende dimensiemaat aanbevolen. Bij het ontwerp van een resolutiereductie operator dienen we daarom uit te gaan van dit wegingsmechanisme.

Uitgaande van de wens om een resolutiereductie operator te ontwerpen welke de textuur daadwerkelijk op verschillende schalingsniveaus beschrijft, dient de relatie met de fractaltheorie verzwakt te worden. De theorie beschrijft een bepaald schalingsgedrag voor over een breed schalingsinterval. Juist bij de piramide wordt de schalingsruimte opgedeeld in kleine intervallen. Dit betekent dat we nu de fractalmaten zullen loslaten op slechts zeer kleine intervallen.

In dit proefschrift worden een aantal pogingen beschreven voor het ontwerp van een dergelijke operator. De uiteindelijke voorgestelde operator is gebaseerd op het idee dat de grijswaarde wordt opgevat als een massa. Door de massa te delen door de totale massa binnen het venster wordt de massadichtheid verkregen. De afgeleide textuurmaten zijn gebaseerd op het kwantificeren van de distributie van de massadichtheden, waarbij gebruik wordt gemaakt van concepten uit de fractaltheorie.

Experimenten hebben aangetoond dat de methode goede resultaten oplevert met betrekking tot discrimineerbaarheid. Het bleek dat voor een aantal gevallen inderdaad twee dimensiematen nodig waren om te kunnen discrimineren. Echter ook waren er gevallen waarbij slechts één dimensiemaat voldoende was. Verder zijn er textuurparen gevonden, welke slechts op hogere niveaus in de piramide te discrimineren waren. Terwijl er tevens textuurparen waren die slechts op lagere niveaus in de piramide te discrimineren waren. Met deze resultaten is het nut van het gebruik van de piramide bij textuuranalyse aangetoond. Door de relatie met de fractaltheorie te verzwakken heeft de methode in toepasbaarheid gewonnen. Voorts bleek uit de experimenten dat slechts een beperkte verwerkingstijd nodig was.

* * *

SYSTEM ASPECTS OF A DIODE-MATRIX LIQUID-CRYSTAL TELEVISION DISPLAY

K.E. Kuijk

11 mei 1993

Promotor: Prof.dr.ir. J. Davidse

In de afgelopen twintig jaar zijn vloeibaar-kristal weergeefpanelen (LCD's) voor steeds meer toepassingen gebruikt. Tegenwoordig zijn ze in staat om informatie met een hoge dichtheid weer te geven en worden ze gebruikt in schootcomputers en kleine draagbare TV-toestellen. De verwachting is dat LCD's de kathodestraalbuizen gaan vervangen in die toepassingen, waar een plat en dun paneel nodig is dat met lage spanningen werkt en weinig vermogen verbruikt.

Dit proefschrift gaat over LCD's waarin het getwist-nematische effect wordt gebruikt. Dit effect wordt kort uitgelegd in hoofdstuk 1. De eenvoudigste methode om een paneel te maken, dat uit een matrix van beeldpunten bestaat, is de passieve-matrix sturing. Deze wordt behandeld in hoofdstuk 2. Daar wordt de berekening van de optimale aanstuurmethode, zoals aangegeven door Alt en Pleshko, herhaald. Het aantal rijen, dat aangestuurd kan worden met deze methode, is begrensd. Daarom zijn op deze wijze aangestuurde LCD's niet bruikbaar voor het weergeven van een TV-beeld met hoge kwaliteit.

De begrenzingen van de passieve-matrix aansturing kan men te boven komen door het gebruik van actieve-matrix aansturing, hetgeen het onderwerp is van hoofdstuk 3. Bij actieve-matrix aansturing wordt er in serie met elk beeldpunt een elektronische schakelaar opgenomen. De beeldpunten gedragen zich als condensatoren, welke van elkaar gescheiden zijn door de schakelaars. Omdat een TV-weergeefpaneel ongeveer 400.000 beeldpunten heeft, zijn er ook zoveel schakelaars nodig. Het probleem is nu, dat deze schakelaars met een hoge opbrengst foutloos gemaakt moeten kunnen worden, om panelen met geen of heel weinig foute beeldpunten te krijgen. Daarom dienen de gebruikte schakelaars zo simpel mogelijk van opzet te zijn en maakbaar in een eenvoudig proces.

Schakelaars kunnen worden uitgevoerd als tweepolen of driepolen. Er bestaan verschillende technologieën waarin driepolen, in het algemeen dunne-film transistoren (TFT's) genoemd, gemaakt kunnen worden. Het bekendst zijn amorf-silicium TFT's, die bij lage temperatuur op glazen substraten gemaakt kunnen worden. Fouten in TFT-matrix panelen kunnen worden veroorzaakt door kortsluitingen of open verbindingen in de TFT's.

Tweepolen, ook vaak niet-lineaire weerstanden (NLR's) genoemd, zijn eenvoudiger elementen dan dunne-film transistoren. Zij kunnen gemaakt worden in processen met minder maskerstappen dan nodig voor TFT's. In tweepool-matrix panelen zijn er geen elkaar kruisende lijnen op de substraten. Daarom kan men met tweepool-matrix LCD's meer opbrengst van panelen met weinig of geen fouten verwachten dan bij TFT-matrix LCD's. Dat is de reden waarom tweepool-matrix panelen onderzocht zijn, zoals beschreven is in dit proefschrift. Enkele voorbeelden van tweepolen zijn metaal-isolator-metaal elementen (MIM's) en amorf-silicium dioden. Enkele mogelijke mozaïek kleurfilter-structuren worden kort genoemd, waarvan de belangrijkste de delta-structuur van rode, groene en blauwe vlakjes is.

In hoofdstuk 4 worden enkele begrippen gedefinieerd, die nodig zijn om het gebruik van tweepolen als schakelaars te kunnen behandelen. Enkelvoudige tweepolen hebben vaak een stroom-spannings-karakteristiek, welke spiegel-symmetrisch is ten opzichte van de oorsprong. Dit past goed bij de eis dat vloeibare kristallen met een wisselspanning bedreven moeten worden. De optimale stuurmethode wordt behandeld, welke gebruik maakt van houd-spanningen in het rijstuursignaal in de perioden, dat de rij van beeldpunten niet geselecteerd wordt.

Het probleem van het gebruik van enkelvoudige tweepolen is de spreiding in hun karakteristieken, hetgeen leidt tot niet-uniformiteit in de weergegeven beelden. Daarom zijn enkelvoudige tweepolen in het algemeen niet geschikt voor het weergeven van TV-beelden. De spreiding in amorf-silicium pin- of Schottky-dioden is echter veel kleiner dan in andere tweepolen. Omdat amorf-silicium dioden een sterk asymmetrische karakteristiek bezitten, zijn er minstens twee nodig per beeldelement om dit zowel te kunnen laden als ontladen. Ze kunnen toegepast worden in de vorm van twee anti-parallelle dioden, de zogenaamde diode-ring. Het nadeel van deze aanpak is dat er minstens 6 diode-ringen per beeldelement nodig zijn, waardoor de effectieve oppervlakte daarvan, en dus de maximale transmissie van het weergeefpaneel, sterk kan afnemen.

Een andere manier waarop amorf-silicium dioden gebruikt kunnen worden, is als twee-diode-schakelaar in het zogenaamde Lechner-circuit. Dit circuit kan aangepast worden aan het gebruikte vloeibare kristal met behulp van de aangebrachte spanningen. Het gebruik van dit circuit leidt tot panelen met een hoog contrast en een goede uniformiteit van het weergegeven beeld. Het grote nadeel van het Lechner-circuit is het dubbele aantal rijaansluitingen, hetgeen de kosten van geïntegreerde schakelingen voor het sturen van de rijen zal verdubbelen. Om die reden zijn er verscheidene circuits onderzocht met het oogmerk het aantal aansluitingen van het Lechner-circuit te verminderen, maar ondertussen proberend de voordelen van dit circuit te handhaven. Deze circuits worden besproken in hoofdstuk 5. Bij volle-resolutie actieve-matrix LCD's moeten in een lijntijd van het videosignaal twee rijen worden ingeschreven, om flikker te vermijden.

De oplossing van het aansluitprobleem is gevonden in het D^2R-circuit, hetgeen staat voor Dubbele Diode plus Reset, en dat behandeld wordt in hoofdstuk 6. Het gebruikt een speciaal rijstuursignaal waarin een extra spanningsniveau aanwezig is, dat "reset" wordt genoemd. Er kunnen extra dioden in serie met elk van de twee dioden van ieder beeldelement gezet worden. Het blijkt nu, dat een kortgesloten diode in dat geval niet zichtbaar is in het weergegeven beeld. Om die reden is het D^2R-circuit fout-tolerant tegen kortgesloten dioden, zonder dat er dioden gerepareerd hoeven te worden. Extra parallelle dioden zijn niet nodig, omdat open verbindingen in de dioden nauwelijks voorkomen.

Capacitieve neveneffecten spelen een belangrijke rol in actieve-matrix LCD's, hetgeen veroorzaakt wordt door de parasitaire capaciteiten van de schakelaars. De capacitieve neveneffecten van het kolomsignaal, waaronder de zogenaamde overspraak, worden behandeld in hoofdstuk 7. Deze overspraak kan verminderd worden door de duur van het kolomsignaal te verkleinen, en door compensatie. Het resultaat is in de praktijk dat capacitieve overspraak voldoende klein kan worden gemaakt.

Het capacitieve effect van het rijsignaal wordt "kickback" genoemd en wordt besproken in hoofdstuk 8. Een eerste-orde compensatie wordt bereikt door de grootte van de selectiespanningen te veranderen. Doordat de capaciteit van veel vloeibare kristallen ongeveer een factor twee verandert met de aangelegde spanning, is de compensatie alleen maar juist voor één punt in de transmissie-spannings-karakteristiek van het vloeibaar kristal. Deze onvolkomenheid kan in D^2R-panelen leiden tot flikker en tot informatie-afhankelijke gelijkspanning op de beeldelementen, welke laatste aanleiding kan geven tot na-beeld effecten. Een extra compensatie, verkregen door verschillende versterkingen van het kolomsignaal te kiezen voor positieve en negatieve spanningen op het beeldelement, leidt tot vermindering van deze effecten.

Er blijkt instabiliteit op te kunnen treden in tweepool-matrix-weergeefpanelen. Dit effect wordt behandeld in hoofdstuk 9. Het treedt op, als de capaciteit van de tweepool vergelijkbaar in grootte wordt met die van het beeldelement. In een vereenvoudigde analyse wordt er aangetoond, dat dit effect ook op kan treden in TFT-matrix-panelen.

In hoofdstuk 10 worden de resultaten besproken en conclusies getrokken. Er is een groot aantal D^2R-panelen gefabriceerd in het Technologie Centrum van Philips Flat Panel Displays (PFPD). Deze panelen blijken een hoge contrastverhouding en een uitstekende uniformiteit te hebben. Ze zijn in feite vergelijkbaar met de beste TFT-matrix panelen. Ze hebben echter maar 4 maskerstappen op het actieve substraat nodig, ze bevatten geen elkaar kruisende lijnen op de substraten en ze zijn fout-tolerant door seriële redundantie. Wegens deze redenen wordt er verwacht, dat de opbrengst van D^2R-weergeefpanelen groter is dan die van TFT-matrix-panelen.

Een nadeel van D^2R-weergeefpanelen is de aanwezigheid van twee evenwijdige metaallijnen per kolom. Een tweede nadeel is het aantal dioden per beeldelement, namelijk 4 in het geval van seriële redundantie. Beide feiten leiden tot een kleinere optisch effectieve oppervlakte van de beeldelementen dan in tweepool-matrix panelen met enkelvoudige tweepolen. Dit is vooral nadelig in het geval van kleine projectie-weergeefpanelen. Daar heeft dit een lagere lichtopbrengst tot gevolg.

* * *

TIME-VARYING SYSTEM THEORY AND COMPUTATIONAL MODELING

A.J. van der Veen

1 juni 1993

Promotor: Prof. dr. ir. P.M. Dewilde

Het proefschrift bestaat uit een studie van tijdvariërende systemen, beschreven door toestandsmodellen, en geeft toepassingen op het gebied van efficiënte rekenmethoden voor gestructureerde problemen in de lineaire algebra.

De overdrachts-operator van een tijddiscreet tijdvariërend systeem is een afbeelding van l_2-reeksen en kan beschreven worden door een (oneindige) matrix. Als het systeem een tijdvariërend toestandsmodel heeft, dan heeft deze matrix een bepaalde structuur, die nog steeds erg algemeen kan zijn.

Als het aantal toestandsvariabelen klein is in vergelijking met de afmetingen van de matrix, dan heeft de matrix een structuur met lage complexiteit en is het toestandsmodel een efficiënt rekenschema voor berekeningen met de matrix. Dit verband tussen systeemtheorie en lineaire algebra levert nieuwe algoritmen voor berekeningen met grote gestructureerde matrices.

De volgende aspecten komen aan de orde.

- *Realisatie-theorie*: gegeven een begrensd en causaal systeem, bepaal een toestandsmodel van zo klein mogelijke dimensies dat dit systeem representeert. Een belangrijke rol wordt gespeeld door een veralgemenisering van de Hankel-operator.
- *Optimale modelreductie*: als de toestandsdimensie van het systeem te groot is, dient een goede benadering gevonden te worden die wel een klein aantal toestandsvariabelen toelaat. De norm waarin dit probleem wordt opgelost is een veralgemenisering van de Hankel-norm zoals ingevoerd door Adamjan, Arov en Krein. Het is mogelijk om een parametrisatie te geven van alle systemen die dichter dan een gegeven tolerantie van de originele matrix afliggen, en om van een bepaalde benadering met minimale toestandsdimensies een expliciet toestandsmodel te vinden.
- *Inner-outer factorisatie, spectrale factorisatie, en embedding in een verliesvrij systeem* spelen een belangrijke rol in de tijdsinvariante systeemtheorie bij het oplossen van allerhande problemen, zoals bijvoorbeeld het 'robust-control' probleem. Het is mogelijk om (onder condities) deze factorisaties ook te bepalen voor tijdvariërende systemen, en diverse algoritmen om dit daadwerkelijk te doen worden afgeleid. De algoritmen werken met toestandsmodellen en geven aanleiding tot Riccati-vergelijkingen met tijdvariërende coëfficiënten. Over deze vergelijkingen is nog niet veel bekend (in tegenstelling tot het tijdsinvariante geval); enige eigenschappen worden aangetoond.
- *Cascade-factorisaties van inner systemen*. Een numeriek stabiele implementatie van een tijdvariërend toestandsmodel wordt verkregen door een cascade-factorisatie in elementaire (eerste-graads) overdrachts-

operatoren.

Eindige (blok-)matrices zijn speciale gevallen van tijdvariërende overdrachtsoperatoren, en de bovenstaande resultaten geven aanleiding tot nieuwe rekenschema's voor problemen uit de lineaire algebra. Een toestandsmodel is een efficiënt rekenschema voor het berekenen van matrix-vector vermenigvuldigingen. De inner-outer factorisatie blijkt te reduceren tot een *QR*-factorisatie, en spectrale factorisatie is gerelateerd aan Cholesky decomposities. Tenslotte levert de theorie voor optimale Hankel-norm modelreductie nieuwe matrixbenaderingen op die geschikt zijn voor deze efficiënte rekenschema's.

* * *

DEXTROUS GRIPPING IN A HAZARDOUS ENVIRONMENT

W. Jongkind

7 juni 1993

Promotor: Prof. ir. G. Honderd

Dit proefschrift beschrijft een analytische opzet en richtlijnen voor het ontwerpen van een grijper en zijn regelsysteem, welke kan werken in een gevaarlijke nucleaire omgeving.

Aspecten van behendig grijpen worden beschouwd, theoretische als ook heuristische, ten einde te komen tot de integratie van veelvoudige aspecten van het grijper ontwerp in een synthetische ontwerp procedure.

Een overzicht en vergelijking van bestaande behendige grijpers, welke op robot armen kunnen worden geplaatst wordt gepresenteerd. Vervolgens werd geanalyseerd welke taken vervuld dienen te worden in de gevaarlijke omgeving. Aanbevelingen voor het ontwerpen van de grijper en zijn configuratie worden gegeven. Hetgeen uitmondt in een voorstel voor de opzet van een grijper voorzien van drie antropomorfe vingers en een actieve palm.

Vragen betreffende contact theorie worden onderzocht en contacten worden overeenkomstig gemodelleerd. Een kinematische analyse van de voorgestelde grijper wordt uitgevoerd. Kracht- en bewegings vergelijkingen worden afgeleid, en de distributie en berekening van de vinger krachten geanalyseerd.

Het plannen van grepen, het bepalen voor een gegeven taak van een opeenvolging van grijphoudingen, welke het veilig en robuust grijpen van objecten garandeert, wordt behandeld. De bepaling van grijphoudingen resulteert in het aantal en soorten van contactpunten. De fase van het grijpen voordat de vingers van de grijper in contact met het object komen wordt hoog niveau grijp planning genoemd, dit valt buiten het onderzoeksgebied waar deze dissertatie over rapporteert. De grijpfase nadat bij het grijpen contact met het object is gemaakt wordt onderzocht. Dit wordt laag niveau grijpplanning genoemd.

De regeling voor de grijper wordt onderzocht met als doel te komen tot robuuste grepen welke varierende externe krachten kan compenseren en onnauwkeurig bekende objecten en/of onnauwkeurig bekende taak omschrijvingen het hoofd kan bieden.

Er kan worden geconcludeerd dat het doel van het onderzoek, het samenvoegen van een framewerk en het integreren van veelzijdige aspecten van het ontwerpen van grijpers in een synthetische ontwerp procedure bereikt is.

De methode zoals uitgewerkt, zal worden toegepast bij het thans plaats vindende realiseren van de grijper, welke grijper geschikt dient te zijn om te kunnen werken in een gevaarlijke nucleaire omgeving.

* * *

ARCHITECTURE OF AN OPEN AND EFFICIENT CAD FRAMEWORK

P. van der Wolf

8 juni 1993

Promotor: Prof. dr. ir. P.M. Dewilde

Het is voor producenten van elektronische systemen van ultiem belang dat zij nieuwe produkten snel op de markt kunnen introduceren. De tijd die nodig is voor het ontwerp van deze produkten dient dus zo kort mogelijk te zijn. Efficiëntie van het ontwerpproces wordt des te urgenter door de toenemende complexiteit van elektronische systemen en het kleiner worden van de markt-vensters voor deze produkten.

Ontwerpers van elektronische systemen hebben een breed scala van geavanceerde software ontwerpgereedschappen (*CAD tools*) tot hun beschikking staan. Deze CAD tools bieden ondersteuning bij het uitvoeren van individuele ontwerptaken, zoals circuit specificatie, simulatie, automatische bedrading, etc. Voor efficiënt ontwerp dienen de CAD tools ondergebracht te zijn in een geïntegreerde ontwerpomgeving, waarin de ontwerper snel de ene na de andere ontwerptaak kan uitvoeren. De basis voor een dergelijke omgeving is een CAD *framework*. Een CAD framework is een software infrastruktuur welke een gemeenschappelijke omgeving verschaft waarin CAD tools kunnen opereren. De primaire taak van een CAD framework is het beheer van ontwerpgegevens. Daarnaast kan het velerlei slimme functies bieden die de ontwerper ondersteunen bij het organiseren van de ontwerpgegevens en het uitvoeren van het ontwerpproces. Hiermee wordt het CAD framework de elektronische assistent van de ontwerper.

Dit proefschrift presenteert op systematische wijze de architectuur van een CAD framework. Voorname eigenschappen van dit CAD framework zijn *openheid* en *efficiëntie*. Openheid is het vermogen van het CAD framework om op eenvoudige wijze integratie van nieuwe CAD tools (met nieuwe soorten gegevens) toe te staan.

Efficiëntie impliceert dat het CAD framework bijdraagt aan verhoging van de algehele efficiëntie van het ontwerpproces. Hiertoe dient het framework snel te zijn alsmede krachtige functies te bieden aan de ontwerper.

In hoofdstuk 2 wordt de stand der techniek met betrekking tot CAD frameworks bekeken vanuit een historisch perspectief. In eerste instantie kregen CAD frameworks alleen de rol van gegevensbeheer toebedeeld. Later zag men in dat een CAD framework vele functies kan bieden die de ontwerper assisteren bij het uitvoeren van het ontwerpproces. De belangrijkste eisen waaraan een CAD framework dient te voldoen worden geformuleerd.

In hoofdstuk 3 wordt een globaal framework model gepresenteerd. Het framework opereert op het niveau van grof-korrelige ontwerpbeschrijvingen (*design objects*) in plaats van zich met alle ontwerpdetails te bemoeien. Dit bevordert zowel de openheid als de efficiëntie. Het framework concentreert zich op het intelligent beheer van gegevens *over* de design objects (*meta data*). We presenteren een model voor ontwerptransakties. Middels deze ontwerptransakties kunnen CAD tools toegang verkrijgen tot de design objects om hun specifieke operaties op de gedetailleerde ontwerpgegevens uit te voeren.

We besluiten om de meer gedetailleerde aspekten van de framework architectuur systematisch te behandelen door de successieve presentatie van drie deel-architecturen:

- De informatie architectuur.
- De component architectuur.
- De implementatie architectuur.

Voor de beschrijving van de informatie architectuur maken we gebruik van een formele techniek: *data modellering*. In hoofdstuk 4 bediscussiëren we data modelleringstechnieken en introduceren een semantisch data model dat we zullen gebruiken voor de beschrijving van de informatie architectuur.

De informatie architectuur wordt gedefinieerd in hoofdstuk 5. Het beschrijft de logische organisatie van de ontwerpomgeving in termen van object typen en hun relaties. De informatie architectuur wordt stap voor stap opgebouwd, waarbij een centrale rol is weggelegd voor het object type DesignObject. De verschillende begrippen die een rol spelen bij intelligent gegevensbeheer en ondersteuning van het ontwerpproces worden geïntroduceerd en ondergebracht in de informatie architectuur.

In hoofdstuk 6 presenteren we de component architectuur van het CAD framework. We identificeren de individuele framework componenten en hun onderlinge relaties. Interfaces van framework componenten worden gedefinieerd. Belangrijke aspecten zoals logische distributie, multi-user ondersteuning, toegangscontrole en consistentie van de ontwerpgegevens worden bij de definitie van de component architectuur in beschouwing genomen. We introduceren afzonderlijke componenten voor het beheer van meta data en design data. We bieden de mogelijkheid tot het gebruik van alternatieve componenten voor de opslag van de gedetailleerde ontwerpgegevens.

In hoofdstuk 6 bespreken we verder de framework gebruikersinterface. Middels deze gebruikersinterface kan de ontwerper zich laten informeren over de aanwezige ontwerpbeschrijvingen en hun historie. CAD tools kunnen gestart worden vanuit deze gebruikersinterface. Deze faciliteiten demonstreren dat een CAD framework inderdaad de krachtige en vriendelijke assistent van de ontwerper kan zijn.

In hoofdstuk 7 presenteren we de implementatie architectuur van het CAD framework. We beschrijven hoe het CAD framework geïmplementeerd kan worden in termen van Unix primitieven. De nadruk ligt hierbij op efficiënt meta data access in een gedistribueerde hardware omgeving.

Het proefschrift eindigt in hoofdstuk 8 met conclusies. De in dit proefschrift gepresenteerde architectuur is geïmplementeerd in het Nelsis CAD Framework. Dit framework is met succes gebruikt bij het construeren van verschillende (prototype) ontwerpomgevingen en is door gebruikers als een uitermate efficiënt systeem ervaren.

* * *

VALIDATING MEDICAL KNOWLEDGE BASED SYSTEMS

C. van Daalen

24 augustus 1993

Promotoren: Prof. dr. ir. H.G. Stassen en Prof. dr. ir. E. Backer

Dit onderzoek betreft de validatie van kennissystemen in het algemeen en de validatie van het kennissysteem PLEXUS in het bijzonder. PLEXUS is een computerprogramma dat bedoeld is om artsen te assisteren bij de diagnostiek en behandelplanning van zenuwletsels in de nek. Teneinde het kennissysteem PLEXUS te kunnen valideren is allereerst een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de validatie van medische kennissystemen. Dit heeft geleid tot aanbevelingen voor het ontwerpen van een evaluatie.

Vervolgens is een tweetal evaluaties uitgevoerd. Het eerste betrof een evaluatie die erop gericht was te onderzoeken of de adviezen van PLEXUS van expert-nivo zijn. De tweede betrof een evaluatie van het gehele mens-machine systeem in een aantal ziekenhuizen. Hierbij werd behalve naar de kwaliteit van de adviezen ook gekeken naar de bruikbaarheid en acceptatie van het systeem. Een uitgebreider onderzoek naar de acceptatie van kennissystemen is uitgevoerd door middel van een vragenlijst. Naast specifieke informatie over het kennissysteem PLEXUS, hebben deze onderzoeken geresulteerd in conclusies en aanbevelingen ten aanzien van het ontwerpen en valideren van medische kennissystemen in het algemeen.

Vanwege het multidisciplinaire karakter van kennissystemen loopt de literatuur op het gebied van de validatie van kennissystemen zeer uiteen. De terminologie is niet eenduidig gedefinieerd en de validatiemethoden die gehanteerd worden variëren van auteur tot auteur. De meeste artikelen betreffen de evaluatie van de kwaliteit van de adviezen van kennissystemen. De evaluaties die beschreven zijn, kunnen worden onderverdeeld in laboratoriumevaluaties en veldevaluaties.

Belangrijke aspecten bij het ontwerp van een evaluatie betreffen onder meer, de keuze van een doel van het onderzoek, de evaluatiemethode, analyse van de resultaten en factoren die mogelijk van invloed kunnen zijn op de validiteit van het onderzoek. In de literatuur worden veel verschillende evaluatie- en analysemethoden beschreven.

De meeste onderzoekers zijn zeer positief na een laboratoriumevaluatie. Vaak is er echter geen vervolgonderzoek beschreven, zoals een veldevaluatie. Het literatuuronderzoek heeft geleid tot aanbevelingen voor het uitvoeren van evaluatiestudies van medische kennissystemen. Het blijkt dat de evaluatie van de kwaliteit van de adviezen slechts een deel is van het gehele validatieproces. De validatie van kennissystemen zou een steeds terugkerend proces moeten zijn, dat parallel verloopt met het ontwerp en de ontwikkeling van een systeem.

De aanbevelingen uit de literatuurstudie zijn gebruikt om PLEXUS te evalueren. Dit systeem is ontworpen om specialisten te helpen bij de diagnostiek en behandelplanning van plexus brachialis letsels. De plexus brachialis is een netwerk van zenuwen dat gelegen is in het gebied tussen de nek en de arm. Om advies van het systeem te kunnen verkrijgen voert de arts anamnesegegevens en resultaten van neurologisch, neurofysiologisch en radiologisch onderzoek in de computer in. Het systeem gebruikt deze gegevens tezamen met de kennis over plexus letsels, die in het systeem is opgeslagen, om de arts te kunnen adviseren omtrent de locatie en ernst van de verwonding en om een behandelplan voor te kunnen stellen. Het werken met het systeem vereist geen computer- of type-ervaring. Voorlopige evaluatie van het systeem heeft goede resultaten opgeleverd.

De kwaliteit van de adviezen van PLEXUS is geëvalueerd in samenwerking met vier experts uit verschillende Europese landen. Tijdens deze evaluatie zijn de diagnoses en behandelplannen van het systeem vergeleken met de meningen van de experts. De meningen zijn direct vergeleken en tevens hebben de experts de meningen vergeleken zonder te weten of deze van de computer of van een andere expert afkomstig waren (blind onderzoek). Verschillende analysemethoden zijn gebruikt om de kwaliteit van het systeem te bepalen. Hieruit blijkt dat de nauwkeurigheid van het systeem vergelijkbaar is met die van de experts. Echter, PLEXUS probeert meer van de dysfunctie te verklaren dan de experts, hetgeen resulteert in een groter aantal fout-positieve antwoorden. De inter- en intra-expert variabiliteit waren aanzienlijk in deze evaluatie. De resultaten van de directe vergelijking worden bevestigd door de resultaten van de blinde evaluatie. Voorts is tijdens de blinde evaluatie gevraagd of de experts voor iedere patiënt wilden aangeven welke van de adviezen volgens hen afkomstig was van PLEXUS. Het aantal maal dat de experts aangaven dat het advies afkomstig was van PLEXUS week niet significant af van het aantal maal dat dit door toeval verwacht kan worden. De enigszins beperkte representativiteit van de test-cases en het feit dat alleen experts bij deze evaluatie betrokken waren zijn beperkingen van deze studie.

PLEXUS is tevens klinisch geëvalueerd in vier verschillende Nederlandse ziekenhuizen. Naast de kwaliteit van het mens-machine systeem, zijn de bruikbaarheid en acceptatie van het systeem onderzocht. Daar het aantal plexus letsels dat jaarlijks plaats vindt gering is, bleek het slechts mogelijk om de resultaten kwalitatief te analyseren. Uit de resultaten bleek dat alhoewel de prestatie van het systeem goed is, een aantal verbeteringen nog noodzakelijk is. Zoals ook volgde uit het laboratorium-onderzoek, geeft het systeem relatief veel fout-positieve antwoorden. Voorts waren in een aantal gevallen de gegevens die door de artsen in de computer ingevoerd zijn niet zo compleet als was verwacht tijdens de ontwikkeling van het systeem. Dit kan ervoor zorgen dat het systeem een verkeerd antwoord geeft in gevallen waarin het systeem vanwege gebrek aan gegevens geen uitspraak had mogen doen.

De bruikbaarheid van de user-interface is onderzocht door middel van het maken van video-opnamen tijdens de veldevaluatie. Dit leverde informatie op die gebruikt kan worden om de user-interface te verbeteren, zodat deze voldoet aan een aantal essentiële bruikbaarheidseisen.

De acceptatie van PLEXUS is onderzocht door middel van een korte vragenlijst die beantwoord is door de artsen die bij de veldevaluatie betrokken waren. De resultaten zijn niet doorslaggevend, daar een aantal artsen aangaven dat zij het systeem zouden gebruiken als het algemeen beschikbaar was, terwijl tijdens de veldevaluatie het systeem niet werd gebruikt in de mate die was verwacht.

Voorts is een uitgebreider onderzoek uitgevoerd naar de acceptatie van kennissystemen. In de literatuur wordt vaak melding gemaakt van het feit dat slechts zeer weinig kennissystemen daadwerkelijk in de praktijk toegepast worden. Door een aantal auteurs zijn verschillende oorzaken aangegeven die dit gebrek aan acceptatie zouden kunnen verklaren. Mogelijke oplossingen voor deze problemen hebben geleid tot het formuleren van eisen die van belang zouden kunnen zijn voor de acceptatie van kennissystemen. De mening van potentiële gebruikers van kennissystemen ten aanzien van deze eisen is onderzocht door middel van een vragenlijst. Deze vragenlijst is ingevuld door artsen en proces-operators. Uit de resultaten blijkt dat de introductie van een kennissysteem niet mag leiden tot een verschuiving van de verantwoordelijkheid van de mens naar de machine. Hiertoe is het van belang dat de gebruiker begrijpt hoe het systeem werkt. Dit vereist een systeemontwerp dat de gebruiker in staat stelt een goede interne representatie van het redeneerproces op te bouwen.

Uit de analyse van de validatie van medische kennissystemen is het duidelijk geworden dat de meeste literatuur op dit gebied zich slechts richt op het systeem, in plaats van op het gehele mens-machine systeem. De samenwerking tussen mens en machine krijgt zeer weinig aandacht. Het is noodzakelijk om vanaf het begin van de ontwikkeling van een kennissysteem het complete mens-machine systeem in aanmerking te nemen. Dit houdt in dat naast het kennisgedeelte van het systeem, het gehele mens-machine systeem tijdens de laboratoriumevaluatie in beschouwing genomen moet worden. Validatie moet volledig geïntegreerd zijn in het ontwerp en de ontwikkeling van een kennissysteem.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. J.J.A. Klaassen	Irislaan 169	2343 CK	Oegstgeest
Ir. H.B. Meeuwissen	Joh. v.d. Waalsweg 96-BB/1	5612 JD	Eindhoven

Nieuwe leden

Ir. H.C. Bleijerveld	L. Davidstraat 16	7558 LN	Hengelo
Drs. A.H.A. Bloemen	Tongelresestraat 309	5642 NB	Eindhoven
Ir. J. Boonstra	Dr. Hermansweg 40	5624 HR	Eindhoven
Ir. G.A.J. van Dooren	Berkenrijs 4	4711 PR	St. Willebrord
Ing. P. Essers	v. Beverningkstraat 19	2582 VB	Den Haag
Ir. G.A.M. Goltstein	Dreijenseweg 12	6861 WK	Oosterbeek
Ir. H.J.F.G. Govaerts	van Goorstraat 41	5014 ME	Tilburg
Ir. M.L. Leine	Korvezeestraat 436	2628 DV	Delft
Ir. A.J. van Schelven	Boerhaavelaan 38	2334 ER	Leiden
Ir. E. Stringer	Spaarne 169	2011 CG	Haarlem

Nieuwe adressen van leden

Ir. A. Bakker	Lavaspad 12	1032 VB	Amsterdam
R. Decossaux	13 Route d'Eppeldorf- Aufder Altburg 20	L 6312 Luxemburg	Beaufort
Ir. C.D. de Haan	Zwanensteeg 20	2201 HH	Noordwijk
Ir. J.A.C. Huijs	Libel 6	7423 HG	Deventer
Ir. A.S. de Kleijn	Parmentierweg 99	2316 ZN	Leiden
Ir. R. Otte	C. Busken Huetstraat 16 A	2802 XD	Gouda
Ir. J.A.M. Nijhof	Sterremos 22	2661 MS	Bergschenhoek
Ir. K.H.W. Pasma	Hooiraamhoek 82	7546 MB	Enschede
Ir. A.C. Reppel	Sibeliusplein 272	3122 XA	Schiedam
Ir. H.B. Schrap	Prins Hendriklaan 82 B	2264 SX	Leidschendam
Prof.dr.ir. W.J.D. Steenaart	Holmes Road RR#1 Inverary, Ontario KOH 1XO Canada		
Ir. F. Tol	Rijshout 10	5667 HT	Geldrop
Ir. V.J.M. Vermeulen	Schoorstraat 51	5071 RC	Udenhout
W.H.Th. van Vlerken	Steijnlaan 2/fl. 6	1217 JS	Hilversum
Ir. K.J. Wouda	Vonderrijt 24	5673 BZ	Nuenen

SOME SUBJECTS IN DIGITAL AUDIO, NOISE SHAPING, SAMPLE-RATE CONVERSION, DYNAMIC RANGE COMPRESSION AND TESTING

E.F. Stikvoort

1 september 1992

Promotor: Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven

Dit proefschrift behandelt vier onderwerpen op het gebied van digitale audio. De onderwerpen zijn in de volgorde waarin ze in het proefschrift worden behandeld bemonsterfrequentieomzetting, 'noise shaping', het testen van audio signaalbewerkingen en dynamiek-compressie. Ze zijn ontleend aan praktische vragen op het gebied waar audio hand in hand gaat met digitale signaalbewerking. Bij audio is de geluidskwaliteit van een signaal het uiteindelijke kriterium en is beluisteren van het bewerkte signaal van wezenlijk belang. Elk van de vier onderwerpen is daarom verbonden met echte-tijd signaalbewerking en de digitale elektronica die hierbij is toegepast geeft een onderliggende band tussen de vier onderwerpen. De toegepaste signaalbewerking omvat lineair filteren, verhogen en verlagen van de bemonsterfrequentie, zo nodig aangevuld met andere bewerkingen.

Bij digitale audio zijn meerdere bemonsterfrequenties in gebruik waardoor bemonsterfrequentieomzetting soms onvermijdelijk is. Wanneer de twee frequenties niet van dezelfde oscillator zijn afgeleid is er geen gebroken verhouding tussen deze frequenties en kan de gebruikelijke digitale oplossing niet worden toegepast. De beschreven bemonsterfrequentieomzetters maken gebruik van interpolatie in de kontinue tijd waarbij een niet rationele of zelfs een zeer langzaam variërende verhouding tussen de ingaande en uitgaande bemonsterfrequentie kan worden toegelaten. De interpolatiecoëfficiënten worden verkregen met een geheel digitale fasevergrendelde lus. Een voordeel van de toepassing van zo'n lus is dat de tijdsonnauwkeurigheid van de pulsen die de aftastmomenten bepalen goeddeels wordt weggefilterd.

Bemonsterfrequentieverhoging en filteren worden ook toegepast in digitale éénbitskodering waarbij het signaal wordt vertegenwoordigd door een stroom bits van gelijk gewicht. Om de éénbitskode te maken wordt het (digitale) audiosignaal met bij voorbeeld een faktor 128 in bemonsterfrequentie verhoogd. Vervolgens wordt het signaal gekwantiseerd tot éénbits woorden waarbij een terugkoppellus ervoor zorgt dat de spectrale bijdrage van de kwantisatiefout in de signaalband wordt geminimaliseerd. De bekendste éénbitskodeerders zijn de sigmadeltamodulator en de 'noise shaper'. In de sigmadeltamodulator wordt het uitgangssignaal van de kwantisator vergeleken met het ingangssignaal van de kodeerder en in de 'noise shaper' is de fout van de kwantisator het ingangssignaal voor het lusfilter. De sigmadeltamodulator en de 'noise shaper' zijn onderling herleidbaar. In het proefschrift wordt uitgegaan van de 'noise shaper' omdat die zich beter leent voor stabiliteitsanalyse. De analyse toont aan dat de stabiliteit van een derde- of hogereorde kodeerder in verband staat met het signaalniveau. Bij een groot ingangssignaal kan een blijvende oscillatie optreden die het koderen verstoort. Het bleek dat dit ongewenste gedrag kan worden voorkomen door een begrenzer aan te brengen in de lus. Voor een klasse praktisch toepasbare lusfilters zijn analytische resultaten afgeleid. De ruisbijdrage in de audioband is berekend en optimale waarden voor de parameters van de lusfilters uit die klasse zijn gegeven. De berekende ruis kwam goed overeen met de ruis die gemeten is aan echte-tijd uitvoeringen van een tweede- en een derdeorde 'noise shaper'.

De ruis en vervorming werden gemeten met een digitale vervormingsmeter. Bij deze methode wordt een zuiver sinusvormig signaal aangeboden aan het te onderzoeken apparaat. Het uitgangssignaal daarvan omvat het meetsignaal en de ruis en vervorming die door het te onderzoeken apparaat zijn veroorzaakt. Bij de vervormingsmeting wordt het meetsignaal weggefilterd door de vervormingsmeter waarna ruis en vervorming als restsignaal overblijven. Via een monitoruitgang kan het restsignaal worden beluisterd voor het opsporen van artefacten. De beschreven digitale vervormingsmeter maakt gebruik van een onderdrukkingsfilter dat wordt afgestemd met een regellus.

Het grote dynamisch bereik van een audio signaal speelt een rol bij de opname zowel als bij de weergave. Het hoogste geluidsniveau bij een muziekuitvoering is groter dan het niveau dat kan worden geaccepteerd in een huiskamer terwijl het achtergrondlawaai in een huiskamer hoger is dan in een concertzaal. Hoewel de dynamiek bij de opname voor een CD wordt teruggebracht tot b.v. 35 dB is bij achtergrondlawaai of in geval van het veroorzaken van geluidsoverlast een verdere verkleining vaak wenselijk. De beschreven dynamiekcompressor is bedoeld om de dynamiek van het audiosignaal aan te passen aan de luistersituatie. De compressie wordt verkregen met een volumeregeling die reageert op het ingangssignaal van de compressor. In geval van een toenemend ingangssignaal wordt het uitgangsvolume snel teruggeregeld en bij afnemend ingangssignaal wordt het uitgangsvolume langzaam hersteld. De compressieverhouding is konstant gekozen over het hele regelbereik en de vertraging die optreedt in de regellus wordt gedeeltelijk gekompenseerd door vertraging van het audiosignaal. De waarden van de parameters werden gevonden in overleg met het IPO (Instituut voor Perceptie Onderzoek te Eindhoven) dat ook luisterproeven heeft gedaan. Bij deze proeven bleek dat er in geval van achtergrondlawaai een voorkeur bestaat voor het gekomprimeerde signaal boven het oorspronkelijke.

* * *

AREA-POWER-DELAY TRADE-OFF IN LOGIC SYNTHESIS

M.R.C.M. Berkelaar

2 september 1992

Promotoren: Prof. dr.-ing. J.A.G. Jess en, Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven

Logische synthese is een optimaliseringsstap gedurende het computerondersteund ontwerpen van geïntegreerde (VLSI) schakelingen. Logische synthese begint met een zogenaamde *register-transfer-niveau-beschrijving* van een blok logica en transformeert deze naar een netlijst van basisbouwstenen. Deze basisbouwstenen zijn dan van de complexiteit van een *nand*-of een *nor*-poort. Dit proefschrift gaat alleen over combinatorische logische synthese. Logische synthese is een optimaliseringsproces, omdat er niet alleen getracht wordt om een functioneel correcte implementatie van de logica te genereren, maar ook om een aantal ontwerpparameters, zoals oppervlaktegebruik, vertraging, vermogensgebruik en testbaarheid van de schakeling te optimaliseren.

Dit proefschrift behandelt een nieuwe aanpak van het logische-synthe-

setraject. Traditionele logische synthese begint met enkele technologie-onafhankelijke optimalisaties. Daarbij wordt meestal de heuristische regel toegepast, dat het aantal *'literals'* in de Booleaanse vergelijkingen, die de logica beschrijven, een goede maat is voor de door de logica later in beslag genomen oppervlakte. Na deze basisoptimalisaties wordt dan de zogenaamde *'technology mapping'* uitgevoerd, die een afbeelding maakt naar bekende basisbouwstenen. Pas gedurende en na deze stap kunnen de ontwerpparameters vertraging en vermogensgebruik geschat en geoptimaliseerd worden.

De logische-synthesefilosofie die in dit proefschrift uiteengezet wordt, doelt op het maken van *alle* optimaliseringsafwegingen met behulp van schattingen van de drie ontwerpparameters oppervlaktegebruik, vertraging en vermogensgebruik. Om dit te bereiken worden vertragings- en vermogensschattingsformules afgeleid voor gebruik op alle niveaus van abstractie gedurende het logische-synthesetraject. Er wordt bovendien aangetoond dat het aantal *'literals'* in de gefactoriseerde expressies inderdaad een goede maat is voor de schatting van oppervlaktegebruik. Met behulp van deze schattingen kan een logische-synthesesysteem de gehele oplossingsruimte voor een blok logica exploreren in termen van oppervlakte, vertraging en vermogensgebruik.

Om de geldigheid van de schattingen aan te tonen, wordt in dit proefschrift een voorbeeldschakeling bestudeerd met behulp van het beschreven logische-synthesesysteem. De gehele oplossingsruimte wordt geconstrueerd. Van diverse oplossingen worden de ontwerpparameters geverifieerd, door ze te extraheren uit de geconstrueerde layout.

Verder bevat dit proefschrift, waar toepasselijk, resultaten van de beschreven algoritmen verkregen door toepassing op bekende *benchmark*-voorbeelden, zoals de voorbeelden van de *MCNC workshop on logic synthesis*. Dit maakt het mogelijk de kwaliteit van de algoritmen te beoordelen en eventueel met resultaten uit de literatuur te vergelijken.

Het logische-synthesesysteem, dat in dit proefschrift beschreven wordt, bevat drie nieuwe algoritmische oplossingen voor deelproblemen.

Er wordt een nieuw algoritme gepresenteerd om Booleaanse vergelijkingen *priem* en *irredundant* te maken. Dit is nodig om de logische synthese een startpunt te geven, van waaruit volledig *'stuck-at'*-fout-testbare schakelingen gegenereerd kunnen worden. Bovendien helpt het om het oppervlaktegebruik te minimaliseren. Dit algoritme is gebaseerd op Shannon-expansie en werkt zeer efficiënt. Een vergelijking toont aan, dat de resultaten van dit algoritme leiden tot kleinere en snellere *multi-level* schakelingen dan de resultaten van het bekende programma *ESPRESSO*.

Er wordt een nieuw heuristisch algoritme gepresenteerd om het *'technology mapping'* probleem op te lossen bij het gebruik van door een programma gegenereerde basisbouwstenen. Het heeft een tijdcomplexiteit $\mathcal{O}(N)$, waarbij N het aantal *'literals'* in de Booleaanse vergelijkingen voorstelt. Deze tijdcomplexiteit hangt dus niet af van de grootte van de verzameling basisbouwstenen. Een vergelijking toont aan, dat dit algoritme resulteert in kleinere en significant snellere schakelingen dan die geconstrueerd door *MIS*.

Er wordt verder een formulering in de vorm van een lineair programmeringsprobleem afgeleid voor het *'gate sizing'* probleem. Dit maakt het mogelijk om op een efficiënte wijze optimale transistorafmetingen te berekenen voor de basisbouwstenen. De lineaire formulering maakt gebruik van een stuksgewijs lineaire benadering van het vertragingsmodel. Als er gebruik wordt gemaakt van een efficiënte LP-oplosser, kan het probleem voor schakelingen met meer dan 10000 basisbouwstenen binnen redelijke tijd tot optimaliteit worden opgelost.

* * *

LINEAR AND NONLINEAR ADAPTIVE FILTERING AND THEIR APPLICATION TO SPEECH INTELLIGIBILITY ENHANCEMENT

Yu Hua Gu

15 september 1992

Promotoren: Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven en Prof.dr.-ing. J.A.G. Jess

In vele praktijktoepassingen is het nodig de verstaanbaarheid te verbeteren van een spraaksignaal ingebed in ruis. De complexiteit van de vereiste signaalverwerking blijkt sterk afhankelijk te zijn van de statistische eigenschappen van de storende ruis. In dit proefschrift zullen we de situatie bestuderen waarin een tweede spraaksignaal de ruisbron vormt. Daartoe ontwikkelden we nieuwe lineaire en niet-lineaire adaptieve filteringstechnieken evenals krachtige algoritmen voor het schatten van het toonhoogteverloop (de "pitch"). Deze technieken en algoritmen worden toegepast voor het verbeteren van de verstaanbaarheid van spraaksignalen in een gemeenschappelijk kanaal. Ze zijn daarnaast bruikbaar voor een breed gebied van toepassingen.

A. Adaptieve-filteringstechnieken

In vele gevallen zijn de te filteren signalen niet-stationair, d.w.z. ze zijn geassocieerd met tijdsafhankelijke lineaire en niet-lineaire systeemmodellen. In ons geval blijkt het onvoldoende om de signalen slechts in het tijddomein of slechts in een transformdomein te filteren (in plaats van in een tijd-transformdomein). Daarnaast kan de lange impulsresponsie van een signaal een hoge filterorde in het tijddomein vereisen. Dit kan leiden tot grote tijdvertragingen in de filteruitvoer.

Hierdoor gemotiveerd hebben we ons gericht op LMS-type filters, bekend om hun eenvoud en robuustheid. Nieuwe LMS-type lineaire en niet-lineaire (2e orde Volterra) adaptieve filters voor een tijd-transformdomein zijn ontwikkeld onder de aanname van Gaussische data in het tijddomein. We hebben de algoritmen voornamelijk beschouwd onder de semi-ideale-transformatievoorwaarde. Een semi-ideale transformatie definiëren we als een eendimensionale orthogonale transformatie die de signalen projecteert op orthogonale niet-overlappende deelruimten (de zogenaamde "bins"). Onder deze aanname zijn de filtercoëfficiënten gedecorreleerd langs de "bin"-richting. Dat wil zeggen dat de lineaire filtercoëfficiënten voor elke "bin" onderling onafhankelijk zijn en de kwadratische filtercoëfficiënten voor elk "bin"-paar.

Het bestaan van een dergelijke semi-ideale transformatie wordt aangetoond. Een speciale keuze van de vensterfuncties in de "Discrete Short Time Fourier Transform" of in de "Discrete Wavelet Transform" leidt tot een semi-ideale orthogonale transformatie. Bij de keuze van een bijna semi-ideale orthogonale transformatie, kan het tijd-transformdomeinalgoritme onder de semi-ideale aanname gebruikt worden als een goede benadering.

De diverse uitdrukkingen voor de lineaire en niet-lineaire algoritmen in het tijd-transformdomein worden met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat het "time-transform bin domain nonlinear normalized Least Mean Square adaptive filtering" algoritme de gegeneraliseerde vorm is die alle andere algoritmen bevat.

Naast het LMS-type hebben we ook RLS-type en niet-lineaire filters onderzocht. RLS-type filters vertonen in het algemeen een snelle convergentie en voeren de kleinste-kwadratenberekeningen exact uit, zonder dat de aanname van Gaussische (tijddomein) invoerdata vereist is. Twee nieuwe RLS-type adaptieve-filteringsalgoritmen met een adaptief glijdend venster, voor filtering in het tijddomein zijn ontwikkeld: zowel een lineair als een niet-lineair filter. Deze algoritmen bieden flexibele-volgmogelijkheden voor het adaptief filteren van niet-stationaire signalen. De RLS-type filters

zijn vooral zinvol in het geval van signalen met een niet-constante snelheidsverandering van de tijdsafhankelijke statistische eigenschappen.

B. Robuuste schatting van het toonhoogteverloop

We hebben een algemeen geraamte gebouwd voor het schatten van het toonhoogteverloop van een spraaksignaal ingebed in ruis. Een ruwe stap waarin een aantal kandidaten voor de toonhoogte worden bepaald gevolgd door een gedetailleerde stap waarin stochastische modellen worden gebruikt voor het kiezen van het meest-waarschijnlijke toonhoogteverloop. Dit twee-staps-algoritme is ontworpen om gebruik te kunnen maken van de informatie in de "intra and inter speech frames". Het algoritme maakt gebruik van de algemene kennis over optredende toonhoogteverlopen.

Een nieuw algoritme voor de schatting van toonhoogtekandidaten (dat enige overeenkomst vertoont met de menselijke waarneming) maakt gebruik van de plaatselijke signaaldraaggolven en van de plaatselijke signaalomhullenden. De kandidaatselectie is vervolgens gebaseerd op het gelijktijdig optreden van toonhoogte-gecorreleerde informatie over alle frequentie-"bins".

Een nieuw algoritme voor het schatten van het toonhoogteverloop, gebaseerd op een "Hidden Markov Model", benut de correlatie van de toonhoogteperioden in een aantal opeenvolgende "frames" (toonhoogteverloop). Een stochastisch model beschrijft de toonhoogtedynamica aan de hand van de autocorrelaties van de toonhoogte en van de eerste en hogere orde afgeleide hiervan. Als gevolg van het leerproces bevat het model enige a-priori kennis van toonhoogteverlopen. Deze kennis kan van nut zijn voor het schattingsproces in het geval het spraaksignaal slechts ingebed in zeer sterke ruis beschikbaar is.

C. Verstaanbaarheidsverbetering door middel van spraakscheiding

De verbetering van de verstaanbaarheid van één spraaksignaal afkomstig uit een gemeenschappelijk-kanaalsignaal, is in dit proefschrift onderzocht. Het gemeenschappelijk-kanaalsignaal wordt gedefinieerd als de som van twee spraaksignalen (het doelsignaal en het stoorsignaal) in één kanaal. Nieuwe algoritmen voor een spraakscheidingssysteem zijn ontwikkeld. Deze zijn geschikt voor het gemeenschappelijksignaalkanaal bij doel-storingsenergie-ratios' (TIR's) tussen −12 dB en +12 dB. Dit systeem bestaat uit een toonhoogteschattingsdeel en een spraakscheidingsdeel.

In het spraakscheidingsdeel worden de bovengenoemde tijd-transformdomein (lineaire en net-lineaire) adaptieve-filteringstechnieken toegepast als ruisonderdrukkers.

In het toonhoogteschattingsdeel wordt het bovengenoemde twee-stapsalgoritme toegepast voor het gelijktijdig schatten van het meervoudige toonhoogteverloop.

De spraakscheidingsalgoritmen zijn getest aan de hand van gesommeerde stationaire synthetische spraaksignalen, gesommeerde synthetische uitgesproken zinnen met constante toonhoogte en natuurlijke toonhoogten met een TIR tussen 0 dB en −12 dB. Uit de computersimulaties blijkt dat een goede verstaanbaarheid van het spraaksignaal wordt verkregen. Het lineaire algoritme laat nog enige ongewenste spraak achter. Het niet-lineaire algoritme verwijdert ook deze, maar geeft iets meer vervorming van het doelsignaal.

* * *

THE MICROWAVE RADIOMETER AS A REMOTE SENSING DEVICE: DESIGN AND APPLICATION

P.J.I. de Maagt
1 december 1992
Promotor: Prof.dr.ir. G. Brussaard

Dit proefschrift behandelt de ontwikkeling van nieuwe ontwerpbenaderingen van microgolf radiometersystemen. Om meer inzicht te bieden in de ontwerpprocedures is het complete radiometersysteem gesplitst in twee subsystemen, namelijk antenne en ontvanger. Deze onderverdeling is ook terug te vinden in de opbouw van dit proefschrift. In hoofdstuk 2 wordt de radiometer antenne behandeld. Een ontwerp procedure voor radiometer antennes wordt voorgesteld en de theoretisch haalbare performance wordt vergeleken met de praktisch realiseerbare performance.

In hoofdstuk 3 wordt de radiometer ontvanger behandeld. In dit hoofdstuk wordt een nieuwe methode voor temperatuurstabilisatie van radiometer ontvangers gepresenteerd, waarvan de mogelijkheden verkend zijn met een proefmodel.

Een relatief nieuw gebied waarin microgolfradiometrie zijn potentieel getoond heeft is imaging, hetgeen bestudeerd is in de rest van het proefschrift. Een fundamentele analyse van de ruimtelijke- en tijdsfilteringprocessen van het observatie instrument en de bijbehorende deconvolutieprocedures is uitgevoerd.

* * *

MIMO SYSTEM IDENTIFICATION FOR H_∞ ROBUST CONTROL

A.J.J. van den Boom
5 januari 1993
Promotoren: Prof.dr.ir. P. Eykhoff en Prof.ir. O.H. Bosgra

Een systeem-identificatie procedure in het frequentie-domein wordt gepresenteerd waarbij een model wordt afgeleid met een begrensde ongestructureerde modelfout. De verstoringen aan de ingang en de uitgang van het proces worden verondersteld begrensd te zijn in het frequentie-domein, hetgeen impliceert dat er begrenzingsfuncties bestaan voor de absolute waarde van de discrete Fourier transformatie van de ruissignalen.

Allereerst beschouwen we de identificatie van een SISO-proces met een additieve of multiplicatieve modelfout-structuur. We leiden onzekerheidsgebieden af voor de procesdynamica en we schatten een optimaal model door H_∞-fitting.

Vervolgens breiden we de identificatiemethode uit naar MIMO-systemen en beschouwen we verscheidene modelfout-structuren, zoals additieve modelfouten, ingang en uitgang multiplicatieve modelfouten, reversie-type modelfouten en coprieme modelfouten. Al deze modelfout-structuren passen in een basisschema met coprieme factoren.

We laten zien dat voor een vast gekozen model de werkelijke modelfout kan worden geschreven als een functie van een bekende matrix $G(z)$ en een onbekende diagonale matrix $Q_t(z)$. De matrix $G(z)$ is opgebouwd uit bekende informatie, zoals het model, de modelfout-structuur, de gemeten data en de ruis-begrenzingsfuncties. De diagonale matrix $Q_t(z)$ bevat de werkelijke geschaalde ruissignalen. Deze onbekende ruissignalen worden binnen de eenheidsbol verondersteld. Een bovengrens wordt afgeleid voor de grootste singuliere waarde van de modelfout. We maken gebruik van de theorie van gestructureerde singuliere waarden (μ-analyse) en van de zogenaamde Redheffer sterprodukten. De bovengrens voor de modelfout wordt geminimaliseerd met betrekking tot een of andere norm (H_∞, H_2 of een combinatie). De keuze van een lineaire parametrisatie zal leiden tot een

convex optimaliseringsprobleem en de algoritmen zullen robuust convergent zijn.

Tenslotte wordt een praktijkvoorbeeld gepresenteerd waarbij een laboratoriumproces, bestaande uit een stelsel van vier watervaten met 2 ingangen en 2 uitgangen, wordt geïdentificeerd en een model met een bovengrens voor de modelfout wordt afgeleid.

* * *

PLANET: A HIERARCHICAL NETWORK SIMULATOR

T.A.M. Kevenaar

19 januari 1993

Promotoren: Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven en Prof.dr.-ing. J.A.G. Jess

Dit proefschrift beschrijft de ontwikkeling van de netwerk simulator PLANET. Deze simulator is bij uitstek geschikt om toe te passen in een hiërarchisch georiënteerde automatische ontwerpomgeving van analoge en/of digitale circuits. Naast een beschrijving van de simulator worden ook enkele aanverwante zaken behandeld.

De ontwikkelde simulator is een zogenaamde Piecewise Linear (PL) simulator wat inhoudt dat de niet-lineaire componenten in een schakeling worden gemodelleerd door gebruik te maken van PL functies. Omdat er verschillende methoden bestaan om deze functies in een compacte vorm te beschrijven, worden eerst de vijf meest gebruikte modelbeschrijvingen met elkaar vergeleken.

In een mixed-mode ontwerpomgeving is het wenselijk dat de simulator in staat is tot mixed-level/mode simulaties. Om dergelijke simulaties uit te voeren wordt ondermeer gebruik gemaakt van macro-modellen van Booleaanse functies of logische netwerken. Er is een methode ontwikkeld die automatisch een compact en snel macro model genereert voor een willekeurige gegeven logische functie.

In een ontwerpomgeving die hiërarchisch georiënteerd is, is het wenselijk dat ook de simulator een hiërarchische structuur heeft om de lijn in het synthese traject te kunnen volgen. Een dergelijke simulator is ontwikkeld en wordt hier beschreven. De simulator heeft verschillende eigenschappen die van belang zijn in een automatische ontwerpomgeving. Zo is het bijvoorbeeld eenvoudig om de topologie van het netwerk te wijzigen of om simulaties uit te voeren op een deel van het netwerk. De simulator heeft zijn bruikbaarheid aangetoond in een software pakket dat automatisch operationele versterkers ontwerpt.

Voor het uitvoeren van transiënt simulaties wordt gebruik gemaakt van numerieke integratie methoden om de circuit vergelijkingen op te lossen. De te kiezen methode moet goed passen bij de structuur en de mogelijkheden van de simulator. Om dit te bereiken is gekozen voor een 'waveform oriented' methode. Verder worden twee bekende numerieke integratie methoden met elkaar vergeleken wat de mogelijkheid opent voor zogenaamde 'incrementele simulaties': de resultaten uit een vorige simulatie worden gebruikt bij een volgende simulatie om rekentijd te besparen.

Om de flexibiliteit van de simulator te kunnen benutten moet deze worden voorzien van een flexibele interface. De methode die hier is gekozen is de van een 'network description compiler'.

Het resultaat van het onderzoek is een simulator die kan worden toegepast in een breed scala van toepassingen en die samen met de flexibele interface gebruikt kan worden in een automatische hiërarchische ontwerpomgeving. De automatische macro-model generatie levert compacte en snelle methoden die gebruikt kunnen worden bij mixed-level/mode simulaties.

* * *

FROM CIRCUIT TO SIGNAL
DEVELOPMENT OF A PIECEWISE LINEAR SIMULATOR

H.W. Buurman

20 januari 1993

Promotoren: Prof.dr.-ing. J.A.G. Jess en Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven

In deze dissertatie is de ontwikkeling geschetst van PLATO, een speciale circuit simulator, met de nadruk op de efficiëntie en toepasbaarheid van het programma. PLATO is een mixed-level simulator, gebaseerd op een algemene stuksgewijs-lineaire modelleringstechniek, waarmee een brede klasse van componenten beschreven kan worden. Een stuksgewijs-lineair dynamisch model bestaat uit een matrix die drie typen variabelen met elkaar relateert: lineaire, dynamische en complementaire variabelen. Het stuksgewijs-lineaire gedrag wordt bepaald door de complementaire variabelen en vergelijkingen. Verschillende eigenschappen van de modellering worden besproken, en enkele voorbeelden van modellen worden geïntroduceerd.

De interne data-structuur van de simulator is afgeleid van de structuur van electrische en logische circuits, de belangrijkste circuits die met PLATO gesimuleerd worden. De lineaire vergelijkingen zijn in een ijle matrix-structuur opgeslagen, terwijl de dynamische en complementaire vergelijkingen van de componenten in het circuit worden gebruikt. De hiërarchische opbouw van het circuit is vervangen door het gebruiken van een lijst, die de globale waarden koppelt aan de componenten. Dit maakt het mogelijk om de grootte van een probleem aanzienlijk te reduceren.

Ieder type vergelijking wordt opgelost met zijn eigen methodiek: de lineaire vergelijkingen via een LU-decompositie, het complementariteitsprobleem met een algoritme bedacht door Van de Panne, en de dynamische vergelijkingen met een numerieke integratiemethode. De interactie tussen deze drie basismethoden is beschreven, in het bijzonder die tussen het Van de Panne algoritme en de integratiemethode.

De LU-decompositie moet vaak veranderd worden. Dit gebeurt efficiënt door een algoritme waarmee alleen de te veranderen elementen bezocht worden. Dit zijn er slechts weinig door de ijlheid van het systeem.

Het Van de Panne algoritme geeft uitstekende resultaten, en vindt altijd een oplossing voor de niet-lineaire vergelijkingen. Op dit punt schieten veel traditionele algoritmen tekort en hebben problemen met de convergentie voor zo'n grote klasse van componenten en circuits. Dit algoritme is ook efficiënt, aangezien slechts in die componenten wordt gerekend waarin iets verandert.

Van de vele mogelijke numerieke integratiemethoden worden enkele impliciete methoden met een lage orde toegepast. Om de efficiëntie te verbeteren wordt een zogenaamde multirate integratiemethode gebruikt. Hierin worden de variabelen gegroepeerd aan de hand van hun aktiviteit. Minder aktieve groepen worden minder vaak doorrekend, dus de meeste moeite wordt gestoken in de berekening van aktieve componenten. De groepen worden dynamisch bepaald, zodat variabelen van groep veranderen als hun aktiviteit verandert. Een expliciete integratiemethode, gebaseerd op het exponentiële tijdsgedrag van de variabelen, is te instabiel om toe te passen.

De efficiëntie en nauwkeurigheid worden beter door alleen de veranderingen van de variabelen uit te rekenen. Om de efficiëntie verder te verhogen, worden die veranderingen niet direct bepaald, maar worden de veranderingen van de veranderingen uitgerekend. Dit geeft een ijle vector die makkelijk te bepalen is. Omdat de eigenlijke waarden van de variabelen niet meer gebruikt worden, is de uitvoer van de simulator ook gebaseerd op de veranderingen in waarden.

Verschillende voorbeelden laten het toepassingsgebied van PLATO

zien. Een analoog-digitaal omzetter illustreert het gedrag van de simulator voor een karakteristiek mixed-level circuit. Een speciale vector-parallel versie van de simulator voor neurale netwerken is ontwikkeld en toegepast om het handelsreizigersprobleem op te lossen. Een switch-capacitor filter maakt duidelijk dat de simulator ook een circuit met een sterk dynamisch gedrag goed kan uitrekenen.

* * *

HIERARCHICAL TEST DEVELOPMENT AND DESIGN-FOR-TESTABILITY FOR (A)SYNCHRONOUS SEMI-CUSTOM ASICS
J. Leenstra
20 april 1993
Promotoren: Prof.dr.-ing. J.A.G. Jess en Prof.dr.rer.nat. B. Höfflinger

Het in dit proefschrift beschreven onderzoek behandelt enige problemen, welke ontstaan wanneer men het testen van applicatie specifieke geïntegreerde schakelingen, met lage produktie volumes, tracht te automatiseren.

Bij het testen van geïntegreerde schakelingen in beperkte aantallen, vormen allereerst vooral de kosten m.b.t. testapplicatie een probleem. Om deze kosten te reduceren wordt het gebruik van een grotendeels gestandaardiseerde testmethode voorgesteld. Deze testmethode vormt het uitgangspunt voor het onderzoek naar het testbaar ontwerpen van geïntegreerde schakelingen in verbinding met het automatisch ontwikkelen van een testprogramma.

Met de toenemende complexiteit van geïntegreerde schakelingen is het duidelijk geworden, dat voor complexe geïntegreerde schakelingen de beschikbare testgeneratietechnieken niet in staat zijn een kwalitatief hoogwaardig testprogramma te genereren. De testbaarheid van een schakeling moet reeds tijdens het ontwerp in ogenschouw genomen worden, zodat ontwerp en test niet langer los van elkaar kunnen worden gezien. Als het ontwerp reeds is afgesloten, blijkt het oplossen van testproblemen complex en tijdrovend te zijn. Het grondig testen van een schakeling is speciaal van belang voor schakelingen die worden toegepast voor het waarborgen van de veiligheid van personen. Het niet ontdekken van fabricagefouten kan dan leiden tot fatale gevolgen. Het zal duidelijk zijn, dat in zulke applicaties een 100% foutafdekking wordt vereist.

Om tijdens het ontwerp beter rekening te kunnen houden met de testbaarheid van een schakeling, wordt in dit proefschrift een nieuwe methode voor het hiërarchisch ontwikkelen van een testprogramma geïntroduceerd. Daarnaast wordt getoond, hoe in de onderhavige testmethode, specifieke technieken voor het verhogen van de testbaarheid kunnen worden toegepast, zonder dat zulks de automatische constructie van het testprogramma uitsluit. De voorgestelde testontwikkelingsmethode maakt onder andere het gebruik van een reconfigureerbaar schuifregister mogelijk. De architectuur van het schuifregister is zo gekozen, dat het introduceren van expliciete testcontrollers niet langer noodzakelijk is. De vereiste testmodus kan in de gegeven situatie via het schuifregister zelf worden ingesteld.

Om ook de test van asynchrone schakelingen mogelijk te maken binnen de synchrone testapplicatiemethode, is tevens onderzocht, hoe het ontwerp van asynchrone schakelingen dient te geschieden, opdat deze met behulp van een synchroon schuifregister getest kunnen worden. Een implementatie model is ontwikkeld, waarbij gebruik wordt gemaakt van een expliciet toestandsregister. Het toestandsregister kan opereren in asynchrone, synchrone en (token) schuifmodus. Er wordt getoond, dat deze controllers synchroon testbaar zijn en hoe deze kunnen worden ontworpen uitgaande van een toestandsbeschrijving.

Tenslotte wordt nog het gebruik van speciale testgeneratieprocedures besproken. Daartoe wordt een testprogramma gegenereerd voor modules, welke zijn opgebouwd uit een datapad-eenheid en een besturingseenheid, door gebruik te maken van een nieuwe symbolische testgeneratietechniek.

* * *

ON THE ORIGIN OF 1/f NOISE IN EPITAXIAL GaAs
Lin Ren
17 mei 1993
Promotoren: Prof.dr. F.N. Hooge en Prof.dr. T.G.M. Kleinpenning

Het is een bekend feit, dat in bijna iedere geleider, waar een stroom doorheen loopt, spanningsfluctuaties optreden met een spectrale dichtheid die omgekeerd evenredig is met de frequentie. Hoewel deze zogenaamde 1/f ruis zeer uitvoerig bestudeerd is, is er nog steeds geen overeenstemming over de oorsprong hiervan. Wel is aangetoond dat een 20 jaar oude empirische relatie deze ruis succesvol beschrijft in homogene halfgeleiders en metalen. Deze relatie

$$\frac{S_R}{R^2} = \frac{\alpha}{fN} \qquad (1)$$

legt een verband tussen de relatieve ruisdichtheid S_R/R^2 van de fluctuaties in de weerstand R en het totale aantal vrije ladingsdragers N in het preparaat. α wordt de ruisparameter genoemd en wordt vaak gebruikt voor de vergelijking van de grootte van de ruis in verschillende preparaten. Vergelijking (1) zegt niets over het ruismechanisme. In metalen worden vaak α-waarden tussen 10^{-4} en 10^{-3} gevonden. In halfgeleiders liggen de α-waarden verspreid over een wijd gebied van 10^{-7} tot 10^{-2}. Maar in het algemeen is α laag (10^{-6} - 10^{-7}) in preparaten die met moderne IC-technologie gemaakt zijn. Dit roept de vraag op, of dit komt door de kleine afmetingen van de preparaten of door de perfectie van het kristalrooster. Experimentele resultaten suggereren het laatste. Maar waarom α dan van de roosterperfectie afhangt, is nog steeds een open vraag.

Om deze vragen over het verband van α en roosterperfectie te beantwoorden kozen we de experimentele weg. We onderzochten de 1/f ruis en zijn temperatuur afhankelijkheid aan goed gedefinieerde, vrijwel perfecte preparaten van GaAs en andere III-V verbindingen, gegroeid door MBE en MOCVD. We vonden kamertemperatuur α-waarden tussen 1×10^{-4} en 8×10^{-4} in n-GaAs, 2DEG n-GaAs en (niet beschreven in dit proefschrift) n-$In_xGa_{1-x}As$. Deze α-waarden zijn onafhankelijk van de gebruikte groeitechniek. Bij 300 K zijn ze geheel of vrijwel onafhankelijk van de dope concentratie, de groeitemperatuur (600 - 700°C), de verhouding van de aantallen III en V atomen en (niet beschreven in dit proefschrift) de dislocatiedichtheid in het substraat. De relatieve bijdragen van de roosterstrooiing en de strooiingen aan onzuiverheden werden gevarieerd door verschillende dope concentraties en meettemperaturen te kiezen. De experimentele resultaten stemden goed overeen met de factor $(\mu/\mu_{latt})^2$. Deze reductiefactor voor de 1/f ruis is door Hooge en Vandamme voorgesteld, aannemende dat de strooiing aan onzuiverheden geen 1/f ruis genereert. We vonden een grote, systematische temperatuurafhankelijkheid voor α in n-GaAs. De grafiek van $\log\alpha$ tegen 1/T vertoont twee takken: een thermisch geactiveerde α bij hoge temperatuur en een zwak temperatuurafhankelijke bij lage temperatuur. Deze temperatuurafhankelijkheid kan niet verklaard worden met het Dutta-Dimon-Horn model. Dat de 1/f ruis in

n-GaAs beweeglijkheidsfluctuaties zijn, volgt ook uit metingen van de ruis in de Hall spanning bij 300 K en bij 77 K.

We bestudeerden ook de ruis in onze epitaxiale lagen, nadat we opzettelijk roosterfouten gemaakt hadden door bestraling. In met 3MeV-electronen bestraalde preparaten vonden we door Hall effect metingen de bekende E1 en E2 traps. Uit de ruisspectra leidden we af dat er nog een diep niveau op -0,18 eV gemaakt was met een uitzonderlijk kleine invangstdoorsnede. De 1/f ruis veranderde nauwelijks door de electronenbestraling. De gecreeerde puntfouten hadden dus nauwelijks invloed op de α of op de temperatuur afhankelijkheid. Er werd alleen generatie-recombinatie ruis geïntroduceerd.

Daarnaast is de ruis bestudeerd van preparaten die met 3MeV-protonen (H^+) bestraald waren. Hierbij werden clusters van roosterfouten gecreëerd. Uit de temperatuur afhankelijkheid van α concludeerden we dat er twee soorten 1/f ruis bestaan. De thermisch geactiveerde tak bij hoge temperatuur blijkt overeen te komen met een intrinsieke ruis die samenhangt met de strooiing aan phononen van de roostertrillingen. De temperatuur-onafhankelijke tak bij lage temperatuur is daarentegen extrinsiek en hangt af van de roosterfouten tengevolge van het protonenbombardement. Het Dutta-Dimon-Horn model geeft een redelijke verklaring voor deze extrinsieke ruis, hetgeen betekent dat het bewegen van de fouten de ruisbron is. Uit het feit dat de α-waarden van de extrinsieke ruis evenredig zijn aan de stralingsdosis, en dus ook aan het aantal clusters, volgt dat de fouten binnen een cluster bewegen. Deze experimentele resultaten passen in het quantum "local interference model".

De laagfrequente ruis van een $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ heterostructuur werd onderzocht in het temperatuurgebied 77 K tot 300 K en het frequentiebereik 1 Hz tot 20 kHz. We vonden twee soorten excess ruis: 1/f ruis en extreem verbrede Lorentz ruis, zogenaamde EB ruis. Welke soort overheerst hangt van de temperatuur af. De knikfrequentie van de EB ruis hangt van de temperatuur af met een activeringsenergie die ligt tussen 260 meV en 350 meV. We schrijven de EB ruis toe aan transport van de 2DEG electronen naar de $Al_xGa_{1-x}As$ laag en vice versa. De α-waarden en de temperatuurafhankelijkheid in de heterostructuren zijn vergelijkbaar met die van bulk n-GaAs. Dit wijst erop dat de ruis in de heterostructuren en in bulk GaAs dezelfde oorsprong heeft.

* * *

ASSESSMENT OF ULTRASOUND TOMOGRAPHY AS A TECHNIQUE FOR QUANTITATIVE TISSUE CHARACTERIZATION

J. Rietsema

9 juli 1993
Promotoren: Prof.dr.ir. J.E.W. Beneken en Prof.dr.ir. N. Bom

Dit proefschrift bevat een studie van **ultrasone tomografie**. De afbeeldingseigenschappen van een prototype van een ultrasone tomograaf zijn onderzocht. In het prototype is een transmissie-meting gecombineerd met een reflectie-meting. De mogelijkheden voor het gebruik als methode voor **kwantitatieve weefsel-karakterisering** worden beschouwd.

Hoofdstuk I

In dit hoofdstuk wordt een kort historisch overzicht gegeven van de transmissietechnieken bij diagnostische methoden die gebruik maken van ultrageluid. In het begin van de 70'er jaren wordt **ultrasone transmissie tomografie** geïntroduceerd. Deze methode lijkt veelbelovend voor het gebruik als kwantitatieve weefsel-karakteriseringstechniek. Kort na de introductie van ultrasone transmissie tomografie wordt **ultrasone reflectie tomografie** ontwikkeld. Ook wordt er onderzoek verricht naar de kwantitatieve informatie in de conventionele B-mode afbeelding (echogram). Voor transmissie tomografie, reflectie tomografie en de kwantitatieve B-mode afbeeldingsmethode worden in de literatuur beschreven technieken en resultaten samengevat.

Ook buiten het gebied van het ultrageluid worden er technieken ontwikkeld die voor kwantitatieve weefselkarakterisering gebruikt worden. Deze technieken worden in het kort besproken.

Voor een beter begrip van de wisselwerking tussen ultrageluid en biologisch weefsel worden de basisbegrippen van de fysica van medisch ultrageluid besproken. Wanneer ultrageluid voortplant door weefsel, wordt het gedempt. Deze demping wordt voornamelijk veroorzaakt door absorptie en door scattering. Beide zijn afhankelijk van de frekwentie van het gebruikte ultrageluid.

Het hoofdstuk besluit met een beschrijving van het kader waarbinnen het onderzoek is uitgevoerd. De studie is een voortzetting van een eerder promotie-onderzoek, verricht door Gert Sollie (1988). Het **doel** is het bestaande prototype uit te breiden en de **karakteristieken van de afbeeldingen** vast te leggen, om zodoende de **mogelijkheden voor kwantitatieve weefselkarakterisering** te beschouwen.

Hoofdstuk II

Hoofdstuk II beschrijft de **meetmethoden** en de gerealiseerde meetopstelling. De principes van **computer tomografie** worden besproken. De meetgegevens worden verzameld gedurende een lineaire scan van een voorwerp. Dit wordt herhaald onder een groot aantal hoeken, verdeeld over 180 graden. Uit de meetgegevens kan door middel van een geschikt **reconstructie algoritme** een twee-dimensionale afbeelding van de gemeten doorsnede door het voorwerp worden berekend.

De gerealiseerde opstelling wordt door een PC en een micro-processor bestuurd. De PC wordt ook gebruikt voor de reconstructie van het **tomogram**. In de opstelling is de meting van vier akoestische parameters geïmplementeerd:

de looptijd van de geluidspuls,
de amplitude van de ontvangen geluidspuls,
de centrum frekwentie van de ontvangen geluidspuls en
een maat voor het gescatterde vermogen.

Hieruit worden tomogrammen gereconstrueerd waarin de contrast gevende parameter respectievelijk is;

de **geluidsnelheid**,
de **dempingscoëfficiënt**,
de **dempingshelling** en
de **reflectiviteit**.

De dempingshelling zegt iets over de frekwentieafhankelijkheid van de demping. De metingen worden afzonderlijk besproken.

Twee reconstructie algoritmen worden besproken: het gefilterde terugprojectie algoritme en het directe Fourier inversie algoritme. Beide zijn gebaseerd op het "Centrale Sectie Theorema". Het directe Fourier inversie algoritme is geïmplementeerd met een Hartley transformatie in plaats van een Fourier transformatie. Deze transformatie is sneller en voor het heen- en terug-transformeren kan hetzelfde algoritme worden gebruikt.

Hoofdstuk III

In hoofdstuk III wordt in meer detail de meting en analyse van het **reflectie signaal** besproken. Dit gereflecteerde hoogfrekwente signaal wordt gelijkgericht en de omhullende wordt geïntegreerd met analoge electronica. De

meting wordt tegelijkertijd met de meting van de andere drie akoestische parameters uitgevoerd. De gemeten waarde wordt "integrated backscatter" genoemd en is een maat voor het gescatterde vermogen. Een belangrijk verschil met andere in de literatuur beschreven methoden is dat digitalisatie van het hoogfrekwente signaal niet nodig is.

Na reconstructie wordt een afbeelding van de **lokale reflectiviteit** verkregen. Omdat absolute kalibratie niet mogelijk is, is het tomogram in arbitraire eenheden weergegeven.

Aan het einde van het hoofdstuk worden de resultaten van enkele metingen aan weefselfantomen getoond. De metingen tonen aan dat het mogelijk is om geometrisch correcte afbeeldingen van de fantomen te maken.

Hoofdstuk IV

De **kwaliteit van de tomogrammen** wordt bestudeerd in hoofdstuk IV. Als meest belangrijke parameters voor beeldkwaliteit worden **spatiële resolutie, contrast resolutie** en de **kwantitatieve nauwkeurigheid** besproken. Deze eigenschappen worden onder zo optimaal mogelijke omstandigheden bestudeerd in een fantoom studie.

De weefselfantomen zijn gemaakt van agar-agar met toegevoegde stoffen, waarvan de akoestische eigenschappen kunnen worden gevarieerd. Deze eigenschappen worden zo gekozen dat deze overeenkomen met die van biologische weefsels. De geometrie van weefselfantomen is bekend.

De spatiële resolutie voor de tomogrammen van de geluidsnelheid, de dempingscoëfficiënt en de dempingshelling is 1,0-1,5 mm. De spatiële resolutie in de tomogrammen van de reflectiviteit is veel slechter. Structuren kleiner dan 6,0 mm worden niet zichtbaar.

De experimenteel bepaalde spatiële resolutie is afhankelijk van het contrast tussen het detail en de omgeving. De relatie tussen de grootte van de zichtbare details en het contrast is voor de gebruikte opstelling vastgelegd in contrast-detail diagrammen.

De kwantitatieve nauwkeurigheid is bepaald door de waarde van de akoestische eigenschappen gemeten met de ultrasone tomograaf, te vergelijken met die bepaald met een direkte meetmethode: ultrasone macroscopie. De resultaten van de kwantitatieve vergelijking zijn uitstekend. Dit geeft aan dat een betrouwbare meting van de akoestische eigenschappen van een voorwerp met behulp van ultrasone tomografie mogelijk is.

Uit een afzonderlijk experiment blijkt dat voor structuren kleiner dan 10 mm een afwijking van de werkelijke waarde optreedt. Dit wordt veroorzaakt door het spatiële laagdoorlaat karakter van de meting en de reconstructie.

Belangrijk voor de beeldkwaliteit zijn de artefacten die worden veroorzaakt door **refraktie, interferentie** en **"phase cancellation"**. De effecten van deze verstorende invloeden zijn in een fantoomstudie geïllustreerd. De geluidsnelheid tomogrammen worden het minst verstoord. De tomogrammen van de dempingscoëfficiënt en de dempingshelling kunnen zodanig verstoord worden, dat de geometrie van de gebruikte weefselfantomen niet meer te herkennen is.

De effecten van interferentie en "phase cancellation" op de amplitude meting en de meting van de verschuiving van de centrum frekwentie, zoals in een computersimulatie voorspeld, worden experimenteel bevestigd.

Een bruikbare en effectieve correctiemethode is tot nog toe niet gevonden. In de literatuur voorgestelde oplossingen hebben slechts een marginaal effect of zijn practisch niet erg bruikbaar.

Hoofdstuk V

In hoofdstuk V worden metingen besproken aan **weefsels die bot bevatten** en aan **botweefsel** zelf. Omdat de opstelling minder geschikt is voor het doen van in-vivo metingen, betreft het voornamelijk **in-vitro metingen**.

Het eerste probleem waarop dit hoofdstuk zich concentreert, is de vraag of zachte weefsels kunnen worden afgebeeld, als er ook botten in het scanvlak aanwezig zijn. Voor deze metingen is er gebruik gemaakt van een **botfantoom** gemaakt van Perspex en glycerine dat in een weefselfantoom was aangebracht. Kwantitatieve analyse van de tomogrammen toont dat de geluidsnelheid een betrouwbare afbeelding geeft. De dempingscoëfficiënt in het zachte weefsel simulerende materiaal komt ook overeen met de referentie waarde. De dempingscoëfficiënt in het bot simulerende materiaal heeft geen overeenkomst met de referentie waarde. De dempingshelling geeft een onbetrouwbaar kwantitatief resultaat.

Een belangrijk gezondheidsprobleem is de diagnose van **botontkalking** (osteoporose). Vroegtijdige diagnose maakt het mogelijk osteoporose tegen te gaan of te behandelen. Ultrageluid lijkt potentieel een goede kandidaat om diagnostisch te gebruiken. Ultrasone tomografie heeft zijn beperkingen in de te bereiken lichaamsdelen. Toch zou ultrasone tomografie klinisch relevant kunnen zijn voor het meten van ontkalking van de botten in de extremiteiten.

De mogelijkheid om botweefsel te meten wordt aan de hand van in-vitro metingen aan een femur van een konijn geïllustreerd. Het bleek alleen mogelijk te zijn om een consistente verzameling projecties voor de dempingscoëfficiënt te meten. Reconstructie van tomogrammen voor de geluidsnelheid en de dempingshelling was niet mogelijk.

Tot slot worden resultaten van enkele in-vivo metingen aan een vinger, een arm en een been van een proefpersoon gepresenteerd.

Hoofdstuk VI

Het laatste hoofdstuk geeft een beschouwing van de **klinische perspectieven** voor ultrasone tomografie. Het uiteindelijke doel van alle onderzoek aan ultrasone tomografie is de ontwikkeling van een techniek voor kwantitatieve weefselkarakterisering. Essentieel hiervoor is dat diverse weefseltypen of toestanden van een weefsel door de akoestische eigenschappen worden gekenmerkt.

Allereerst wordt er kort ingegaan op **patroonherkenning**. Hiermee worden methoden aangeduid die gemeten kenmerken groeperen in klassen. De vier kenmerken die met de beschreven ultrasone tomograaf worden gemeten zijn geluidsnelheid, dempingscoëfficiënt, dempingshelling en de reflectiviteit. Niet altijd zijn alle kenmerken discriminerend tussen de verschillende klassen. Voorafgaand aan klassificatie wordt er een reductie van de kenmerken toegepast. Een gebrek aan consistente gegevens over de akoestische eigenschappen van weefsels en de verstoring van de kwaliteit van de gemeten tomogrammen maken verder onderzoek noodzakelijk, voordat met succes patroonherkennende technieken in combinatie met ultrasone tomografie kunnen worden toegepast.

De eerste klinische toepassing waarvoor ultrasone tomografie was bedoeld is de detectie en diagnose van **borstkanker**. Deze toepassing voldoet aan de beperkende voorwaarden dat het te onderzoeken lichaamsdeel rondom toegankelijk moet zijn en het geen gas mag bevatten. Uit de gegevens beschikbaar in de literatuur wordt geconcludeerd dat ultrasone tomografie momenteel niet concurrerend wordt geacht met de bestaande röntgen mammografie gecombineerd met B-mode echografie. De door artefacten beperkte kwaliteit van de tomogrammen en de geringe specificiteit van de akoestische waarden van borstweefsels zijn hier debet aan.

Een andere mogelijke toepassing is de diagnose van **botontkalking**. Onderzoek naar het gebruik van ultrageluid voor de diagnose van botontkalking is bekend uit de literatuur. Over het gebruik van ultrasone tomogra-

fie hiervoor is nooit eerder gepubliceerd. In deze studie zijn metingen uitgevoerd aan een bot van een konijn in-vitro en aan een vinger, een arm en een been van een proefpersoon in-vivo. De resultaten tonen aan dat het gebruik van ultrasone tomografie in relatie met botontkalking niet overschat moet worden.

Er worden enige **aanbevelingen** gedaan die volgen uit het werk dat in deze dissertatie is beschreven en uit de huidige kennis over ultrasone tomografie in het algemeen. Voor verder onderzoek is het hebben van een duidelijke klinische vraagstelling noodzakelijk. Hiervoor kan een hierop toegespitst systeem worden herontworpen, waarmee dan een klinische evaluatie kan worden uitgevoerd. Het systeem moet snel en eenvoudig in het gebruik zijn.

In de **algemene conclusie** wordt tot slot gesteld dat met het prototype ultrasone tomograaf vier akoestische parameters simultaan kunnen worden gemeten. De resultaten worden verstoord door refractie en interferentie van het geluid. De techniek wordt onder andere hierdoor nog niet klinisch toegepast.

A SILICON CONDENSER MICROPHONE: MODELLING AND ELECTRONIC CIRCUITRY

A.G.H. van der Donk

28 augustus 1992

Promotoren: Prof. dr. ir. P. Bergveld en Prof. dr. H. Wallinga

In dit proefschrift worden zowel enkele elektronische schakelingen als een model voor een silicium condensatormicrofoon beschreven.

Na een korte inleiding in hoofdstuk 1 wordt een overzicht van condensatormicrofoons gegeven in hoofdstuk 2, met name wat betreft microfooneigenschappen zoals de gevoeligheid, de signaal-ruisverhouding, de bandbreedte, de uitgangsimpedantie en de afmetingen. Grote microfoons die reeds in het begin van deze eeuw werden gerealiseerd, bleken kwalitatief goed te zijn wat betreft de gevoeligheid en de bandbreedte, die toen al ongeveer 10 mV/Pa, respectievelijk 17 kHz waren. Tegenwoordig worden de afmetingen van microfoons steeds kleiner met vergelijkbare specificaties, dankzij micromachining en het gebruik van silicium-compatibele materialen.

In hoofdstuk 3 wordt een model beschreven voor ronde microfoons met zowel strak opgespannen membranen als membranen zonder voorspanning. Er worden analytische beschrijvingen gegeven voor de mechanische gevoeligheid en de elektrische nullastgevoeligheid. Beperkingen wat betreft temperatuurgedrag en de maximaal toelaatbare geluidsdruk voordat het membraan doorslaat tegen de backplate worden besproken. Met behulp van deze beperkingen wordt een ontwerpoptimalisatieprocedure beschreven. Hieruit blijkt dat de maximaal haalbare nullastgevoeligheid voor een gegeven maximaal toelaatbare geluidsdruk groter wordt naarmate de straal en de luchtspleetdikte van de microfoon toenemen. In de praktijk echter zullen deze parameters voorgeschreven zijn, waarbij de luchtspleetdikte gerelateerd is aan de benodigde spanning over de luchtspleet. In deze situatie wordt de maximaal haalbare nullastgevoeligheid hoofdzakelijk bepaald door deze parameters. Voor de gegeven waarden van 31,6 μm voor de luchtspleetdikte en 2 mm voor de straal is de maximaal haalbare nullastgevoeligheid 0,15 V/Pa voor niet-opgespannen membranen en 0,3 V/Pa voor strak opgespannen membranen. Over het algemeen hangt voor gegeven straal en luchtspleetdikte de maximaal haalbare nullastgevoeligheid nauwelijks af van de Young's modulus en de dikte van het membraan alsmede de belastende capaciteit ten gevolge van parasitaire capaciteiten en de ingangsimpedantie van de voorversterker. Voor strak opgespannen membranen komt het model goed overeen met experimentele resultaten.

In hoofdstuk 4 wordt het ruisgedrag van voorversterkers voor condensatormicrofoons beschreven, waarbij de voorversterker bestaat uit een veld-effect-transistor (FET) en een resistief biaselement. In hybride versterkers wordt de ruis geproduceerd in het biaselement, de FET en de behuizing van de voorversterker. Hybride voorversterkers bestaande uit zowel JFET's als MOSFET's vertonen, gecombineerd met een microfooncapaciteit van 2 pF, een A-gewogen equivalente ingangsruis van ongeveer 15 μV, die hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door de behuizingsweerstand, die frequentie-afhankelijk is. Door integratie van de microfooncapaciteit en een voorversterker met een PMOSFET en een diode als biaselement, kan het effect van de behuizingsweerstand worden geëlimineerd met als resultaat een equivalente ingangsruis van ongeveer 5 μV.

In hoofdstuk 5 wordt een fabricageproces voorgesteld voor de integratie van een versterker met een PMOSFET en een microfoon met een siliciumnitride membraan en backplate. Enkele inleidende experimenten worden beschreven, die nodig zijn om tot een uiteindelijke procesbeschrijving te komen. In dit proces wordt eerst de elektronica gerealiseerd, gevolgd door de fabricage van de microfoon.

De ontwikkeling van een elektromechanisch teruggekoppelde condensatormicrofoon met een dunne luchtspleet is beschreven in hoofdstuk 6. Met terugkoppeling kan de kleine bandbreedte van een microfoon met een dunne luchtspleet worden vergroot door het membraan te actueren met een elektrostatische kracht. Hiervoor bevat het membraan in elkaar grijpende vingervormige sensor- en actuatorelektrodes. Met behulp van een theoretische analyse wordt aangetoond dat een ongewenste mechanische vervorming van het membraan optreedt ten gevolge van een laterale luchtstroming in de luchtspleet. Dit resulteert in een bovengrens wat betreft de verbetering van de bandbreedte die met terugkoppeling kan worden verkregen. Zowel terugkoppeling met een audio-frequent signaal als met een amplitudegemoduleerd signaal zijn getest bij een microfoon met een luchtspleet van ongeveer 2 μm voor drie elektrode-uitvoeringen en configuraties van akoestische gaten in de backplate. Ongeacht het type terugkoppeling is het beste resultaat geboekt met een microfoon met 81 akoestische gaten en met elektrodes met 10 vingers. Hiermee kon de bandbreedte door middel van terugkoppeling worden vergroot van 400 Hz tot 8 kHz. De verbetering van de bandbreedte hangt in het algemeen sterk af van de elektrode-uitvoering en de configuratie van de akoestische gaten.

Een CMOS gelijkspanningsomzetter met een uitgangsspanning van 4,7 V bij een (batterij-)spanning van 1,2 V aan de ingang wordt beschreven in hoofdstuk 7. De omzetter is met succes gebruikt om een condensatormicrofoon te voorzien van een gelijkspanning. De omzetter bestaat uit een netwerk van capaciteiten van 10 pF en NMOSFET's die als diode zijn geschakeld.

Het proefschrift eindigt met algemene conclusies en aanbevelingen voor toekomstige ontwikkelingen (hoofdstuk 8).

* * *

A HIERARCHICAL APPROACH TO TEST GENERATION FOR CMOS VLSI CIRCUITS

E. C. Weening

30 oktober 1992

Promotor: Prof. dr. H. Wallinga

Hedendaagse complexe systemen, zoals PC's of CD-spelers, zouden niet kunnen zijn ontwikkeld zonder de vooruitgang in Large Scale Integration (LSI) en Very Large Scale Integration (VLSI) in de halfgeleider technologie. Echter, met de ontwikkeling van LSI en VLSI schakelingen is het testen steeds belangrijker, complexer en moeilijker geworden. Omdat tijdens de produktie van geïntegreerde schakelingen fysische defecten kunnen optreden, als gevolg van stofdeeltjes of onzuivere grondstoffen, moeten de schakelingen getest worden. In het algemeen worden schakelingen getest door het aanbieden van testpatronen aan de ingangen van de schakeling, terwijl de responsies op de uitgangen worden vergeleken met verwachte responsies. Zijn de responsiepatronen gelijk, dan functioneert het circuit

correct. De testpatronen en de verwachte responsiepatronen worden berekend door een Automatic Test-Pattern Generation (ATPG) programma vanuit de circuit specificaties en ontwerpgegevens.

In dit proefschrift is een hiërarchische methode ontwikkeld en geïmplementeerd, voor het genereren van testpatronen voor grote digitale VLSI schakelingen, die geproduceerd worden in een CMOS technologie. Het gebruik van informatie over de hiërarchie van een schakeling versnelt het testpatroon generatie proces aanzienlijk en verbetert de kwaliteit van de gegenereerde testpatronen. In de meeste moderne Computer Aided Design (CAD) systemen is deze informatie beschikbaar. Het hiërarchische testpatroon generatie programma kan ook geïntegreerd worden met toekomstige CAD systemen, zodat testpatroon generatie en testbaarheidsverbetering mogelijk wordt tijdens het ontwerpen van een schakeling.

In hoofdstuk 2 van dit proefschrift wordt een algemene inleiding gegeven in de testpatroon generatie voor digitale VLSI CMOS schakelingen. Het hoofdstuk begint met een bespreking van de meest voorkomende foutmechanismen in CMOS schakelingen. De modellering van schakelingen en fouten op de verschillende hiërarchische niveaus, met de daarop gebaseerde en bekendste testpatroon generatie en foutsimulatie algoritmen worden beschreven. Het hoofdstuk eindigt met een overzicht van mogelijke toekomstige ontwikkelingen in de testpatroon generatie.

In hoofdstuk 3 wordt de hiërarchische methode voor het genereren van testpatronen voor grote digitale VLSI CMOS schakelingen gepresenteerd. De schakelingen zijn beschreven op transistor, functioneel en gedragsniveau. Deze informatie is beschikbaar in moderne CAD systemen waarin volgens de top-down, bottom-up of meet-in-the-middle ontwerp strategie kan worden gewerkt. Testpatronen worden per hiërarchisch niveau gegenereerd, beginnend op het laagste niveau. Op de hogere niveaus worden de testpatronen van het eerstvolgende lagere niveau gebruikt. Op alle hiërarchische niveaus worden testpatronen voor transistorfouten, zoals stuck-open of line-bridge fouten, gegenereerd.

In hoofdstuk 4 wordt een nieuw testpatroon generatie algoritme op transistor niveau gepresenteerd. Op transistor niveau worden schakelingen beschreven in termen van knooppunten en geïdealiseerde transistoren. Een symbolische simulator wordt gebruikt om Booleaanse uitdrukkingen te genereren, die het gedrag van elke transistor schakeling beschrijft, inclusief fout gedrag. Iedere Booleaanse uitdrukking wordt gerepresenteerd door een Directed Acyclic Graph (DAG). Omdat DAGs erg lijken op logische poort schakelingen bestaande uit AND en OR poorten, wordt een conventioneel testpatroon generatie en fout simulatie algoritme aangepast voor transistor schakelingen beschreven door DAGs.

Op functioneel niveau bestaan schakelingen uit meerdere hiërarchische niveaus van functioneel beschreven modules. De functionele beschrijvingsmethode die in dit proefschrift is gekozen is de Ordered Binary Decision Diagram (OBDD). In hoofdstuk 5 wordt een nieuw hiërarchisch testpatroon generatie en fout simulatie algoritme gepresenteerd die gebruik maakt van de OBDD beschrijvingen van de functionele modules. De OBDD beschrijvingen van alle functionele modules worden automatisch berekend vanuit de DAGs op transistor niveau. Testpatronen worden per hiërarchisch niveau gegenereerd, beginnend op het laagste niveau en op ieder niveau gebruik makend van de testpatronen van het eerstvolgende lagere niveau.

In hoofdstuk 6 wordt een nieuwe testplan generatie methode op gedragsniveau gepresenteerd. Op dit niveau bestaan schakelingen uit modules waarvan het gedrag is beschreven. De taal VHDL is als beschrijvingstaal gekozen. Beschreven is voor zoveel mogelijk modules, hoe data onveranderlijk kan worden overgedragen van de ingangen naar de uitgangen van de module. Deze beschrijvingen worden door de ontwerper gemaakt. De testplan generator kan uitgaande van deze beschrijvingen een testplan genereren waarin is gespecificeerd hoe de ingangen van modules kunnen worden bereikt vanaf de ingangen van de totale schakeling via andere modules, en hoe de responsies op de uitgangen van de module kunnen worden gepropageerd naar de uitgangen van de totale schakeling. De testpatronen die gegenereerd zijn op transistor en functioneel niveau kunnen in het testplan gesubstitueerd worden om de totale verzameling testpatronen te krijgen.

Tenslotte worden in hoofdstuk 7 praktische resultaten gepresenteerd die aantonen dat de hiërarchische testpatroon generatie methode efficiënter is dan conventionele, platte methoden. De resultaten tonen tevens aan dat het gebruik van Design For Testability (DFT) structuren in de schakelingen op gedragsniveau worden ondersteund.

* * *

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF MOS TRANSLINEAR CIRCUITS

R. J. Wiegerink
30 oktober 1992
Promotor: Prof. dr. H. Wallinga

In dit proefschrift wordt het MOS translineaire (MTL) principe geïntroduceerd als uitbreiding van het bekende translineaire principe zoals dat in 1975 door Gilbert werd geformuleerd. Het translineaire principe was oorspronkelijk gebaseerd op een specifieke eigenschap van bipolaire transistoren, namelijk dat de transconductantie van de transistor evenredig is aan de collectorstroom. Als de basis-emitter juncties van een even aantal bipolaire transistoren in een lus geschakeld worden, met evenveel transistoren in de ene richting als in de andere richting, dan resulteert dit in een temperatuur- en proces-onafhankelijke relatie tussen de collectorstromen. Deze relatie, die er op neer komt dat het produkt van de collectorstromen van de transistoren in de ene richting gelijk is aan het produkt van de collectorstromen van de transistoren in de andere richting, kan gebruikt worden om een veelheid aan lineaire en niet-lineaire overdrachtsfuncties te realiseren.

Bij MOS transistoren werkende in strong-inversion en in verzadiging neemt de transconductantie niet evenredig toe met de drainstroom, maar met de gate-source spanning. Als MOS transistoren net als bovengenoemde bipolaire transistoren met hun gate-source aansluitingen in een lus geschakeld worden ontstaat er ook een temperatuur en procesonafhankelijk verband tussen de drainstromen van de transistoren. Echter, in tegenstelling tot de bovengenoemde produkt-relatie krijgen we nu dat de som van de wortels van de drainstromen voor beide richtingen in de lus gelijk moet zijn. In het proefschrift wordt deze relatie afgeleid voor translineaire lussen bestaande uit n-kanaals, p-kanaals of een combinatie van beide typen MOS transistoren.

In tegenstelling tot de exponentiële karakteristiek van de bipolaire transistor wordt de ideale kwadratische karakteristiek van een MOS transistor sterk beïnvloed door tweede-orde effecten (o.a. mobiliteitsreductie, het bulk-effect, weak-inversion). De invloed van deze effecten op het MTL principe wordt daarom uitgebreid geanalyseerd en diverse methodes worden besproken om ongewenste invloeden te minimaliseren.

Vervolgens wordt een systematische analysemethode voor MOS translineaire netwerken gepresenteerd. Deze methode resulteert in een stelsel "som-van-wortels" vergelijkingen: een vergelijking voor iedere lus in het netwerk. Echter, deze vergelijkingen zijn lang niet altijd analytisch oplosbaar en numerieke oplossingsmethodes zijn dan noodzakelijk om de overdracht te berekenen.

Om inzicht te verkrijgen in de vorm van de overdracht, ook in die gevallen dat de lus-vergelijking niet analytisch oplosbaar is, wordt een grafische representatiemethode gepresenteerd. Een computerprogramma is ontwikkeld, dat, met behulp van deze grafische representatie, in staat is om de overdracht van MTL schakelingen zeer snel te berekenen en op het computer beeldscherm zichtbaar te maken. Vanwege de hoge snelheid is dit programma ook zeer geschikt voor het interactief ontwerpen van MTL schakelingen. Hierbij wordt een gewenste overdracht op het beeldscherm getekend en de gebruiker kan vervolgens op eenvoudige wijze de translineaire schakeling aanpassen, zodat de gerealiseerde overdracht de gewenste overdracht optimaal benadert. Ook is een iteratieve optimalisatie methode in het programma geïmplementeerd, zodat het programma in staat is om een MTL schakeling zelfstandig voor een bepaalde overdracht te optimaliseren.

In het proefschrift worden vele voorbeelden van MTL schakelingen behandeld, waaronder niet-lineaire functies als geometrisch en harmonisch gemiddelde, kwadrateren, vector grootte en de wortel van het verschil van kwadraten. Lineaire toepassingen zijn een elektronisch regelbare lineaire stroomverzwakking en vier-kwadrants vermenigvuldiging. Voor CMOS operationele versterkers worden een ingangstrap met constante transconductantie en een klasse-AB uitgangstrap gepresenteerd. Beide zijn uitgerust met een MOS translineair regelcircuit.

* * *

IMAGE FILTERING WITH NEURAL NETWORKS

L. J. Spreeuwers
6 november 1992
Promotoren: Prof. ir. D. Bosman en Ir. Z. Houkes

Neurale netwerken vertegenwoordigen een relatief nieuwe methode voor data- en informatieverwerking. Er bestaan verschillende benaderingen voor beeldverwerking en patroonherkenning met behulp van neurale netwerken, maar deze hebben over het algemeen betrekking op doel-zoek systemen, karakterherkenning, associatieve geheugens voor het opslaan en oproepen van beelden en het modelleren van de retina. In dit proefschrift staat de toepassing van neurale netwerken als beeldfilters centraal. Beeldfiltering technieken worden gebruikt voor o.a. beeld restauratie, beeld verbetering en kenmerkversterking en -extractie uit beelden. Het resultaat van deze operaties is opnieuw een beeld, dat op een bepaalde manier beter geschikt is voor verdere verwerking door mensen dan wel door machinale beeldverwerkingssystemen.

Een aantal belangrijke vragen die aan de orde komen zijn:

- wanneer is het nuttig om neurale netwerken te gebruiken voor beeldfiltering,
- hoe kunnen neurale netwerken worden gebruikt als beeldfilters,
- hoe kan de kwaliteit van beeldfilters worden gemeten,
- wat is de kwaliteit van de beeldfilters op basis van neurale netwerken.

Neurale netwerken worden getraind met behulp van voorbeelden van het gewenste gedrag. Dit betekent dat in het algemeen slechts weinig aandacht besteed hoeft te worden aan de modellering van de onderliggende processen. Het gevolg is dat het gebruik van neurale netwerken wel een oplossing voor het probleem oplevert, maar dat bij het ontwerp weinig kennis over de processen wordt verkregen. Toepassing van neurale netwerken heeft dan ook voornamelijk zin als het verkrijgen van een werkende oplossing belangrijker is dan het verkrijgen van inzicht in de onderliggende processen.

Beeldfiltering met neurale netwerken kan zeer grote, moeilijk beheersbare netwerken opleveren. In dit werk wordt voorgesteld kleine neurale netwerken te gebruiken die werken op lokale omgevingen van pixels in een beeld. Het niveau van elk pixel in het uitgangsbeeld wordt bepaald door de niveaus van de pixels in een lokale omgeving van het corresponderende pixel in het ingangsbeeld. Een nadeel van deze benadering is dat slechts positie invariante filters kunnen worden gerealiseerd. Als voorbeelden van beeldfilters op basis van neurale netwerken worden filters voor beeldopscherping, ruisonderdrukking en randdetectie (edge detection) beschreven. De filters zijn gerealiseerd met behulp van een software pakket, bplib, voor simulatie van error backpropagation netwerken, dat speciaal voor dit doel is geschreven.

Het is verbazingwekkend hoe weinig er gepubliceerd is over het evalueren van de kwaliteit van beeldverwerkingssystemen en -operaties. Vaak wordt geprobeerd de kwaliteit te definiëren los van hun toepassingsgebieden. Een belangrijk uitgangspunt in dit werk is dat de kwaliteit van beeldverwerkingssystemen en -operaties alleen maar gedefinieerd mag worden in relatie met hun toepassingen. De methode voor de evaluatie die in dit werk wordt voorgesteld is gebaseerd op het "gemiddelde risico" (average risk, AVR). In de AVR worden de kansen op fouten (of de frequenties van fouten) gewogen met de kosten van de fouten en door sommatie gecombineerd. In het geval van edge detectie betekent dit bijvoorbeeld dat voor een bepaalde edge detector de kans dat een edge pixel wel gedetecteerd wordt, maar niet correct gelokaliseerd in lagere kosten resulteert. Het voorbeeld van evaluatie van edge detectoren wordt ook verder uitgewerkt. De kosten van de verschillende typen fouten hangen af van de toepassing van het beeldverwerkingssysteem. Vanuit de statistische patroonherkenning is er een goede theoretische onderbouwing voor de AVR. Deze wordt in dit werk uitgebreid en aangepast aan de toepassing voor evaluatie van beeldverwerkingssystemen en -operaties. Hiermee wordt een theoretisch raamwerk geschapen voor de evaluatie van beeldverwerkingssystemen en -operaties in het algemeen.

Vergelijking van de prestaties van beeldfilters op basis van neurale netwerken met andere beeldfilters laat zien dat i.h.a. vergelijkbare resultaten behaald kunnen worden (door de juiste voorbeelden aan te bieden), zonder dat daarvoor diepgaande analyse van het gewenste gedrag nodig is. Voor een specifieke toepassing kunnen filters worden verkregen die superieur zijn aan oplossingen op basis van slechte of onvolledige modellering (bijvoorbeeld omdat modellering erg complex is).

* * *

OBLIQUELY CO-EVAPORATED THIN FILMS FOR MAGNETIC RECORDING

H. van Kranenburg
20 november 1992
Promotor: Prof. dr. Th. J. A. Popma

Er is systematisch onderzoek verricht naar de materiaaleigenschappen van schuin opgedampte dunne films voor magnetische recording. De onderzochte films zijn Co-legeringen: Co-Cr, Co-Ag en Co-Ta. De relaties tussen opdampparameters, morfologie, textuur en magnetisch gedrag stonden centraal. Het accent lag op het begrijpen en tailoren van de zgn. compositionele separatie. De films zijn opgedampt met één of twee schuin invallende richtingen. De groei van de films wordt bepaald door competitie tussen het schaduweffect en de oppervlaktediffusie. Door de schuin invallende dampflux ontwikkelt zich een kolomstruktuur. Als een van de twee damp-

flux-richtingen overheerst dan groeien de kolommen in de richting waaruit de dominante dampflux komt. In de Co-Cr films is een sterke kristallijne anisotropie aanwezig t.g.v. het hcp kristalrooster van Co. Dit is niet het geval in de Co-Ag en Co-Ta films met kubisch kristalrooster. In deze films is de film-demagnetisatie sterker dan de uit-vlak anisotropie en is de coërcitieve veldsterkte klein. De Co-Ag en Co-Ta films zijn daardoor niet geschikt als magnetische recording media.

In de media die met twee schuin invallende richtingen en bij lage substraattemperatuur opgedampt zijn is door het geometrische effect van de tegenovergestelde richtingen een chemisch inhomogene verdeling van de twee gebruikte materialen ontstaan. We hebben dit effect de proces-geïnduceerde compositionele separatie genoemd. Om chemische inhomogeniteiten in de laterale richting te creëren is het dus niet nodig om het substraat te verwarmen. Dit heeft als voordeel dat aan het substraat minder stringente (temperatuur-) eisen worden gesteld. Het bestaan van de proces-geïnduceerde compositionele separatie is aangetoond met diverse meettechnieken, zowel indirect als direct, en met simulaties van de filmgroei.

De proces-geïnduceerde compositionele separatie kan gebruikt worden om magnetisch deeltjesgedrag te creëren. Dit is aangetoond met de onderzochte Co-Cr films die schuin opgedampt zijn met twee bronnen en waarbij het substraat tijdens de depositie stil stond. De tegengestelde richtingen van de Co- en Cr-dampflux induceren gescheiden Co- en Cr-rijke gebieden in de films. De Cr-rijke gebieden (niet-ferromagnetisch) zitten hierbij vnl. op één kant van de kolomgrenzen. Hierdoor wordt de interactie tussen de kolommen kleiner. Ook de open gebieden tussen de kolommen, die ontstaan t.g.v. het schaduweffect,verkleinen deze interactie. Dit resulteert in een verhoogd $M_s x H_{c\perp}$ -produkt. Verder leidt de verlaagde interactie tot een niet te verwaarlozen vormanisotropie van de kolommen. De totale uit-vlak anisotropie wordt gegeven door een combinatie van deze vormanisotropie en hcp kristallijne anisotropie. Het was mogelijk om de uit-vlak anisotropie sterker te maken dan de film-demagnetisatie. Als tijdens de depositie het substraat werd geroteerd dan hadden de films geen verhoogde coërciviteit ($H_{c\perp}$) en waren ze niet geschikt voor magnetische recording met hoge bitdichtheid. De discontinuïteiten in de films, d.w.z. de open gebieden tussen de kolommen die ontstaan t.g.v. het schaduweffect en de chemische inhomogeniteiten die ontstaan t.g.v. de proces-geïnduceerde compositionele separatie, vormen energie-barrières voor domeinwandbeweging. Het omkeermechanisme van de magnetisatie is daardoor een combinatie van rotatiemodes en domeinwandverplaatsingsmechanismen waarbij de verplaatsing sterk gehinderd wordt door de discontinuïteiten.

* * *

THE EFFECT OF SUBSTRATE MATERIALS ON THE STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF Co-Cr RECORDING MEDIA

P. ten Berge
18 december 1992
Promotor: Prof. dr. Th. J. A. Popma

De onderzoekingen die in dit proefschrift beschreven worden gaan in op de invloed die substraten en groeilagen hebben op de structuur- en magnetische eigenschappen van Co-Cr lagen. Het toegenomen belang dat aan substraten en groeilagen gehecht wordt, komt voort uit de tendens dat in de Co-Cr dunne film bereiding voor recording toepassingen de laagdikte omlaag is gegaan naar ongeveer 0,1 µm; om Co-Cr lagen geschikt te maken voor recording toepassingen is het daarom noodzakelijk dat de structuur- en magnetische eigenschappen zo homogeen mogelijk zijn. Elke inhomogeniteit aan het substraat/Co-Cr grensvlak moet worden voorkomen door een juiste keuze van de bereidingsomstandigheden en van het substraat- of groeimateriaal.

In hoofdstuk 2 worden de methoden beschreven die gebruikt zijn voor de karakterisatie van de Co-Cr lagen en voor de bereiding van elektronenmicroscopie preparaten. De Bitter colloïd methode, die gebruikt is als observatie techniek van magnetische structuren, wordt uitvoerig beschouwd en vergeleken met andere observatie technieken zoals gemodificeerde differentiële fase contrast microscopie (MDPC), magnetische kracht microscopie (MFM), raster elektronen microscopie met polarisatie analyse (SEMPA) en Kerr microscopie.

Hoofdstuk 3 laat zien dat er, afhankelijk van de bereidingsomstandigheden van de Co-Cr lagen, twee groeimechanismen te onderscheiden zijn: op basis van AES diepte profilering experimenten wordt geconcludeerd dat het gebruik van een germanium groeilaag leidt tot een interdiffuse reactielaag, die Co, Ge en in mindere mate Cr bevat. Deze interdiffuse reactielaag werkt als een homogene nucleatielaag, waarop vanaf het eerste groeistadium hcp c-as georiënteerde nucleatie van Co-Cr kristallen plaatsvindt. Tevens dient deze reactielaag als ontspanningslaag in geval van verschillen in roosterafstanden. Het gebruik van een silicium nitride groeilaag resulteert in een veel scherper grensvlak tussen groeilaag en Co-Cr laag. Er wordt dan geen hcp c-as georiënteerde nucleatie vanaf het eerste groeistadium gevonden, maar met toenemende dikte van de Co-Cr laag verbetert de oriëntatie in de [00.1]-richting. De c-as dispersie t.o.v. de normaal van een 0,1 µm dikke laag wordt bepaald door de dispersie van de eerste 5 nm. De berekende spanning in de lagen neemt een orde in grootte af in het diktegebied van 5 tot 200 nm Co-Cr op germanium groeilagen.

Met behulp van een VSM en van anomale Hall-effect metingen (hoofdstuk 4) wordt aangetoond dat Co-Cr lagen met een dikte van 5 nm een loodrechte anisotropie kunnen hebben, afhankelijk van de bereidingsomstandigheden en het substraat materiaal. Door de in-vlak remanente verhouding te meten, is bepaald dat goed georiënteerde Co-Cr lagen een loodrechte anisotropie hebben bij kleine ($t < 10$ nm) en grotere ($t > 50$ nm) diktes, maar een hoge waarde van in-vlak remanentie verhouding hebben bij tussenliggende diktes. Dit gedrag kon kwalitatief worden verklaard door de aan-/afwezigheid van een initiële laag, de in-vlak magnetisatie verdelingen in de domeinwanden en de ontwikkelingen van de magneto-elastische en magnetokristallijne anisotropieën met de dikte te beschouwen. Niet-geoptimaliseerde bereidingsomstandigheden of ongeschikte substraat materialen leiden tot Co-Cr lagen met inferieure magnetische eigenschappen.

In hoofdstuk 5 worden domein waarnemingen gepresenteerd, die verkregen zijn met de Bitter colloïd methode, van Co-Cr lagen met een lage en hoge coërciviteit met een goede textuur: in overeenstemming met eerdere studies zijn cirkelvormige en streepdomeinen waargenomen. MDPC waarnemingen laten het bestaan zien van kleinschalige (< 100 nm) vortex structuren en van ripples in 10 nm Co-Cr lagen, en verder van grotere (> 1 µm) domeinen. De periode van de ripple lijkt te variëren, afhankelijk van de magnetische voorgeschiedenis. Met behulp van de Bitter colloïd methode konden geschreven bits zichtbaar gemaakt worden op Co-Cr lagen tot een minimum dikte van 25 nm, met een kwaliteitsfactor $Q>1$. Experimenten met een ionen-bundel ets-apparaat in het interieur met 0,1 µm dikke Co-Cr lagen met een goede textuur laten zien dat het geschreven magnetische signaal doordringt tot aan een laagdikte van 40 nm. Het overgangsgebied tussen de geschreven bits verandert niet in regelmatigheid bovenop en in de laag.

In hoofdstuk 6 wordt de conclusie getrokken dat 0,1 μm dikke Co-Cr lagen met geschikte eigenschappen voor recording bereid kunnen worden, indien de juiste keuze wordt gemaakt van bereidingsomstandigheden en van substraat materiaal; de bereiding van de eerste 30 nm is van groot belang om dit te bereiken. Verbeterde experimentele methoden om magnetische structuren zichtbaar te maken zullen leiden tot een beter begrip van micromagnetische processen in Co-Cr lagen. In afwachting van de noodzakelijke ontwikkelingen op het gebied van het ontwerpen van schrijf- en leeskoppen en het gebied van smeringsverschijnselen, lijken Co-Cr lagen zich waar te kunnen maken voor toepassingen in magnetische hoge dichtheidsopslag.

* * *

PERSPECTIVES OF GLUCOSE SENSING BASED ON A CHARGE-MODULATING COMPETITION REACTION

J. Kruise

15 januari 1993

Promotor: Prof. dr. ir. P. Bergveld

De ontwikkeling van een implanteerbare glucosesensor, die geschikt is voor het meten van de glucoseconcentratie in het bloed van diabetici, is een belangrijk doel in het biosensorenonderzoek. Na een korte inleiding over diabetes mellitus in hoofdstuk 1, geeft hoofdstuk 2 een overzicht van de bestaande meetprincipes voor glucosesensoren. Hieruit blijkt dat het meeste onderzoek gericht is op de ontwikkeling van een sensor die werkt op basis van het enzym glucose oxidase, dat optreedt als katalysator bij de oxydatie van glucose. Tijdens deze oxydatiereactie wordt zuurstof verbruikt, terwijl waterstofperoxide en gluconzuur gevormd worden. Verscheidene sensoren zijn ontwikkeld, die de glucose-afhankelijke concentratie van òf zuurstof, òf waterstofperoxide òf gluconzuur meten. Ondanks alle vooruitgang die bij dit onderzoek is geboekt, zijn er nog steeds een aantal belangrijke problemen. Het belangrijkste is wel de langzame degradatie van enzymen, die vooral optreedt bij lichaamstemperatuur. We stellen daarom een alternatieve meetmethode voor, waarbij geen enzymen gebruikt worden. De nieuwe methode maakt gebruik van een competitiereactie, waarmee de hoeveelheid gebonden ladingsgroepen in een receptormembraan gemoduleerd kan worden.

Hoofdstuk 3 bevat een theoretische beschrijving van het beoogde meetprincipe, dat gebaseerd is op een competitiereactie tussen glucose en een geladen glucosederivaat. Beide stoffen kunnen binden aan receptoren die zich in een poreus membraan bevinden. Ten gevolge van deze competitiereactie zal de hoeveelheid geladen glucosederivaat, die gebonden is in het receptormembraan, afhangen van de glucoseconcentratie in de meetoplossing. Het hoofddoel van het in dit proefschrift beschreven onderzoek is het vinden van een detectieprincipe op basis waarvan de glucose-afhankelijke concentratie van geladen groepen in het receptormembraan kan worden gemeten.

In hoofdstuk 4 komt de statische potentiometrische detectie van geladen eiwitten met behulp van ISFET's aan de orde. Volgens onze theoretische beschrijving kunnen geladen eiwitten gedetecteerd worden met behulp van ISFET's met een verlaagde pH-gevoeligheid. Dit blijkt in de praktijk echter erg moeilijk te zijn. De Donnan-potentiaal over het membraan-vloeistof grensvlak, ten gevolge van de in het eiwitmembraan aanwezige geladen groepen, wordt gecompenseerd door òf de oppervlaktespanning van de ISFET, òf door een tweede Donnan-potentiaal, over het grensvlak tussen het membraan en een dun vloeistoflaagje tussen membraan en ISFET-oppervlak.

De gebonden membraanlading kan echter indirect gemeten worden, via de membraangeleidbaarheid. Door de aanwezigheid van geïmmobiliseerde lading in het membraan treedt een herverdeling van elektrolytionen tussen membraan en vloeistof op. Hierdoor wordt de specifieke geleidbaarheid in het membraan beïnvloed. In hoofdstuk 5 is een op een ISFET gebaseerde geleidbaarheidssensor beschreven. We hebben aangetoond dat variaties in de hoeveelheid membraanlading (in dit geval t.g.v. een pH-verandering) gemeten kunnen worden als variaties in de membraangeleidbaarheid.

Ook kan de membraangeleidbaarheid gemeten worden met een planaire geleidbaarheidssensor, zoals beschreven in hoofdstuk 6. Door de gunstige geometrie van deze sensor, bestaande uit twee elektroden met elk 50 'vingers', kan de geleidbaarheid in een dun membraan (5-10 μm) nauwkeurig worden gemeten. Een nog dunner membraan leidt tot een snellere respons, maar ook tot een lagere gevoeligheid voor veranderingen in membraangeleidbaarheid, omdat voor dunnere membranen de gemeten geleidbaarheid voor een groter deel bepaald wordt door de omringende vloeistof.

Uit metingen met beide typen geleidbaarheidssensoren is gebleken dat slechts een deel van de membraanlading, namelijk de *effectieve* membraanlading, gecompenseerd wordt door mobiele tegenionen uit de oplossing. Omdat alleen deze mobiele tegenionen de membraangeleidbaarheid bepalen, betekent dit dat de gevoeligheid van de geleidbaarheidsmeting voor veranderingen in de *totale* membraanlading kleiner is dan verwacht.

In hoofdstuk 7 worden een aantal voorlopige resultaten gepresenteerd, die betrekking hebben op de eerste metingen met 'glucose-gevoelige' membranen. Voor de karakterisatie van de verschillende receptormembranen is gebruik gemaakt van de ionstapmethode, een relatief nieuwe meetmethode om geladen moleculen in poreuze membranen te detecteren. Met sepharose-concanavaline A membranen (met concanavaline A als glucosereceptor) kon de competitie tussen glucose en een geladen glucosederivaat aangetoond worden, door ionstapresponsen van met geladen glucosederivaat verzadigde membranen voor en na de incubatie met glucose te vergelijken. Helaas bleken de veranderingen in ladingsdichtheid geen meetbare veranderingen van de membraangeleidbaarheid tot gevolg te hebben. Met behulp van polystyreen-concanavaline A membranen konden we wel variaties in membraangeleidbaarheid meten als functie van de hoeveelheid gebonden ladingsgroepen. Door aspecifieke adsorptie van het geladen glucosederivaat, bleek modulatie m.b.v. glucose echter niet mogelijk.

Tenslotte worden in hoofdstuk 8 conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek gegeven.

* * *

ANANAS - A PROGRAM FOR ANALOG CIRCUIT ANALYSIS AND SYNTHESIS

H. J. Pranger

15 januari 1993

Promotor: Prof. dr. H. Wallinga

Het werk dat in dit proefschrift wordt beschreven, betreft de definitie van een systeemopzet voor automatische ontwerpsystemen van analoge basisschakelingen. De voorgestelde opzet is gebruikt voor de implementatie van ANANAS, een automatisch ontwerpsysteem voor CMOS operationele versterkers.

Analoge basisschakelingen worden door systeemontwerpers veel gebruikt als bouwblokken voor grotere elektronische systemen. Het ontwerpen van deze basisschakelingen vraagt veel kennis en ervaring en is bovendien arbeidsintensief. Een automatisch ontwerpsysteem voor deze klasse schakelingen kan derhalve de ontwikkeltijd van IC's aanzienlijk verkorten.

De analoge basisschakelingen kunnen onderverdeeld worden in enerzijds schakelingen die hiërarchisch te beschrijven zijn als combinaties van eenvoudiger subcircuits. Een voorbeeld van dergelijke schakelingen is de operationele versterker. Anderzijds zijn er schakelingen waarvoor een dergelijke hiërarchische beschrijving minder triviaal is, bijvoorbeeld VI-converters. Het ontwerpproces van beide typen schakelingen kan beschreven worden door middel van een model dat bestaat uit twee opeenvolgende fasen, respectievelijk "conceptualisatie" en "dimensionering". De "conceptualisatie"-fase betreft de generatie van een topologie en een initiële dimensionering. De gekozen topologie wordt vervolgens tijdens de "dimensionerings"-fase nauwkeuriger gedimensioneerd. Het dimensioneren kan beschreven worden als een algehele circuitoptimalisatie, d.w.z. het volledige circuit in één slag, met randvoorwaarden.

Conform dit model voor het ontwerpproces is de systeemopzet in dit proefschrift opgebouwd uit een "conceptualiseringsmodule" en een "dimensioneringsmodule". De conceptualiseringsmodule genereert een topologie met de bijbehorende circuitvergelijkingen. Het dimensioneren van een topologie wordt vervolgens gedaan door middel van een optimalisatie met randvoorwaarden. Omdat transistoren met minimale afmetingen slechte matching eigenschappen kunnen hebben, wordt er rekening gehouden met de invloed van mismatch op de performance van de operationele versterker.

De geschiktheid van verschillende constrained optimalisatie algoritmen, voor het dimensioneren van een topologie, is onderzocht. De onderzochte algoritmen zijn gebaseerd op het transformeren van het optimalisatieprobleem met randvoorwaarden, door middel van een penaltyfunctie, in een reeks optimalisatieproblemen zonder randvoorwaarden. Voor het oplossen van de reeks zonder randvoorwaarden is gebruik gemaakt van "simulated annealing" en van een "conjugate gradient" methode. Voordelen van "simulated annealing" zijn dat de convergentie onafhankelijk is van het startpunt en dat het algoritme erg robuust is. Ook voor overgespecificeerde problemen vindt het algoritme een optimale oplossing. Een nadeel is de langzame convergentie, hetgeen het algoritme ongeschikt maakt om het optimum nauwkeurig te bepalen. In dat geval is de "gradient methode" superieur, mits een goed startpunt kan worden gegeven.

Op grond van deze resultaten is een gecombineerd algoritme ontwikkeld dat begint met "simulated annealing" maar in de buurt van het optimum overschakelt op een lokaal algoritme, zoals bijvoorbeeld de "conjugate gradient" methode. Het gecombineerde algoritme blijkt robuust voor overgespecificeerde problemen en de convergentie is onafhankelijk van het startpunt. Daarnaast heeft het gecombineerde algoritme een goede convergentiesnelheid, met name voor schakelingen met eenvoudig te realiseren specificaties.

Om de performance van de schakeling voldoende nauwkeurig te berekenen wordt gebruik gemaakt van eenvoudige analytische circuitmodellen en gecompliceerde device-modellen. De device-modellen zijn geïmplementeerd als black boxes waardoor het systeem flexibel is wat betreft de gebruikte modellen. Een nadeel hiervan is dat, door het ontbreken van expliciete device-vergelijkingen het model niet volledig kan worden vereenvoudigd door substitutie van afhankelijke variabelen. Hierdoor neemt het aantal optimalisatie variabelen en randvoorwaarden toe. Dit kon worden opgelost door de schakelingen en de device-modellen te beschrijven als constraint-boxen. Op deze manier kan een minimale set onafhankelijke optimalisatieparameters worden verkregen. De waarde van de afhankelijke parameters wordt bepaald door middel van constraint propagatie. Flexibiliteit van het systeem, wat betreft de technologie, kan bereikt worden door gebruik te maken van bijvoorbeeld SPICE modellen, die een eenvoudige geparameteriseerde technologie-interface hebben.

Voor opamps kan flexibiliteit van de "conceptualiseringsmodule", met betrekking tot het toevoegen van nieuwe topologieën, bereikt worden door gebruik te maken van de hiërarchische structuur van de topologiekennis. Om dit te bereiken zijn ook de circuitmodellen hiërarchisch opgebouwd.

Op basis van het voorgestelde framework is een ontwerpsysteem voor opamps geïmplementeerd, genaamd ANANAS. Het systeem is geïmplementeerd in C^{++} en heeft een grafische X-windows interface.

* * *

MICRO-MECHANICAL SENSORS USING ENCAPSULATED BUILT-IN RESONANT STRAIN GAUGES

H. A. C. Tilmans

28 januari 1993

Promotor: Prof. dr. J. H. J. Fluitman

Dit proefschrift beschrijft de bevindingen van het onderzoek aan "*micromechanische sensoren die gebruik maken van ingekapselde ingebouwde resonerende rekstrookjes*".

Hoofdstuk 1 geeft een inleiding over mechanische sensoren in het algemeen en beschrijft de plaats die "micromechanische sensoren die gebruik maken van ingekapselde ingebouwde resonerende rekstrookjes" innemen in het brede scala van mogelijke configuraties van mechanische sensoren. De sensoren bestaan uit twee bouwstenen. De eerste bouwsteen wordt gevormd door een elastisch element dat de mechanische belasting draagt. De tweede bouwsteen is het resonerende rekstrookje, waarin de door de belasting geïnduceerde vervorming wordt omgezet in een verschuiving van de eigen- of resonantiefrequentie van het strookje. Deze verschuiving vormt het uitgangssignaal van de sensor. Beide bouwstenen komen uitgebreid in dit proefschrift aan de orde.

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van resonerende kracht/rekstrookjes. Een dubbelzijdig ingeklemde balk dient hierbij als testvehikel ter illustratie van de theorie van resonatoren die trillen in een buigvorm. De resonator wordt gekarakteriseerd door een kwaliteitsfactor en een gevoeligheids ("gauge") factor. Deze laatste is een maat voor de gevoeligheid van het rekstrookje voor axiale rek, en wordt bepaald door de rek in het instelpunt en door de lengte/dikte verhouding van de balk. Een hoge kwaliteitsfactor is aantrekkelijk voor het behalen van een hoge resolutie. Een nadeel is echter, dat een verhoging van de kwaliteitsfactor de kans vergroot op instabiliteiten en hysterese verschijnselen. Verder komen in dit hoofdstuk de basis principes voor de excitatie en detectie van de trilling van de resonator aan de orde. Ook worden de laatste ontwikkelingen beschreven die verband houden met lokaal vacuum-ingekapselde resonatoren.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van een aantal electromechanische transducenten, met inbegrip van de electrostatische, de electromagnetische, de electrodynamische, de piezoëlectrische en de thermisch-piezoresistieve transducent, ten behoeve van de excitatie en detectie van de vibratie van eenpoort resonatoren. Modale analyse is gebruikt om de resonator te modelleren met behulp van discrete elementen en om equivalente electri-

sche netwerken te verkrijgen, met een gedrag dat representatief is voor de resonatoren. Het bewegingsgedrag kan worden gemodelleerd m.b.v. *RLC* takken, één tak voor iedere harmonische of trillingsmode. Een maatstaf, genoemd de "figure of merit", voor eenpoort resonatoren wordt gedefinieerd. De figure of merit is een maat voor de geschiktheid van de resonator in een oscillator schakeling, en bovendien kunnen de verschillende excitatie/detectie mechanismen met elkaar vergeleken worden op basis van de figure of merit. Het blijkt dat de figure of merit afhankelijk is van de parasitaire belasting. Tevens worden detectie circuits beschreven t.b.v. compensatie van deze parasitaire invloeden. De figure of merit van het resulterende circuit blijkt groter te kunnen zijn dan de intrinsieke (d.w.z. zonder compensatie) waarde.

Hoofdstuk 4 behandelt het ontwerp, de fabricage, de theorie en het gedrag van vacuum-ingekapselde electrostatisch aangestuurde polysilicium resonatoren. "Surface micromachining" technieken, waaronder basis stappen zoals het zogenaamde "sacrificial layer etsen", vriesdrogen, en het reactief vacuum afdichten, worden beschreven. Een werkend laboratorium prototype is gefabriceerd en getest. De resonator heeft vier electrische polen en kan zowel in een eenpoort configuratie als een tweepoort configuratie gebruikt worden. Experimenten, waaronder de meting van equivalente circuit parameters, de resonantie frequenties, en de verschuiving van de resonantie frequentie als functie van de aangelegde axiale belasting, de d.c. bias en de a.c. stuurspanning, worden beschreven en de resultaten worden vergeleken met de theorie. Gemeten gevoeligheids factoren liggen in de buurt van 2400 voor balkjes met een dikte van 1.5 μm en een lengte van 210 μm. De druk na het afdichten van de etskanalen met LPCVD silicium nitride dat wordt gedeponeerd bij een druk van 200mTorr (26Pa) is afgeschat op 10-20Pa (0.1-0.2mbar). Bij deze druk zijn kwaliteitsfactoren en figures of merit gemeten die in de buurt liggen van respectievelijk 600 en twee. Bij drukken lager dan 0.001-0.01mbar zijn kwaliteitsfactoren gemeten van bijna 18000 wat een figure of merit impliceert van bijna 60.

In Hoofdstuk 5 ligt de nadruk op het ontwerp van het elastisch element en op het ontwerp en de plaats van de resonerende rekstrookjes. Een ontwerp, waarbij het kapje ondersteund wordt door onvervormbare lichamen, wordt beschreven als een methode om de nadelige invloed van het kapje op het gedrag van de sensor te minimaliseren. In een membraan druksensor, bijvoorbeeld, kan een, in het midden verstevigd membraan, een zogenaamd "bossed" membraan, gebruikt worden. Het kapje wordt hierbij ondersteund door de "boss" aan de ene kant en het substraat aan de andere kant. Tevens opent een dergelijke constructie de mogelijkheid voor de implementatie van een differentieel ontwerp, waarbij twee resonatoren worden toegepast in een "push-pull" configuratie. De gevoeligheid voor de gewenste belasting wordt hiermee vergroot en de gevoeligheid voor storende belastingen wordt onderdrukt. Van essentieel belang in een differentieel ontwerp is de mechanische ontkoppeling van de twee resonatoren. Op basis van discrete modellen wordt aangetoond dat ontkoppelen kan gebeuren m.b.v. isolatie massa-veer systemen bij de ophangpunten. De eigenfrequentie van de isolatie systemen dient veel lager te zijn dan de resonantie frequentie van de te ontkoppelen resonator. Een andere methode van ontkoppelen is gebaseerd op het gebruik van speciaal ontworpen resonatoren, de zogenaamde "stemvork resonatoren", bijvoorbeeld, een tweezijdig ingeklemde stemvork of een zogenaamde "triple beam" of "quadruple beam".

In Hoofdstuk 6 wordt een haalbaarheidsstudie beschreven van twee voorbeelden van micromechanische sensoren die gebruik maken van ingekapselde ingebouwde resonerende rekstrookjes. De eerste studie betreft een "vierpunts buigende balk kracht- of verplaatsingssensor". Een laboratorium prototype is gemaakt en getest en de resultaten zijn vergeleken met de theorie. Het tweede voorbeeld betreft een differentiële druksensor. Het ontwerp is volledig gebaseerd op de ontwerpoverwegingen zoals beschreven in Hoofdstuk 5. De ontwikkeling van laatstgenoemde sensor is nog steeds in een voorbereidend stadium.

Tenslotte worden in Hoofdstuk 7 de conclusies samengevat en worden toekomstige onderzoeksaspecten aangeduid, die van belang worden geacht om tot een volwaardige commercieel verkrijgbare mechanische sensor, die gebruik maakt van resonerende rekstrookjes, te komen.

* * *

A PERFORMANCE-DRIVEN MICRO-CELL COMPILER FOR CMOS SEA-OF-GATES ARRAYS

R. Peset Llopis
29 januari 1993
Promotor: Prof. dr. H. Wallinga

Door de toenemende integratie van electronische schakelingen (meer dan één miljoen transistoren op één chip), wordt het steeds moeilijker om aan alle specificaties van een complete schakeling te voldoen. Deze specificaties bestaan niet alleen uit een logische beschrijving, maar ook uit prestatie-eisen. Het gebruik van prestatie gestuurde circuit generatie technieken is een elegante aanpak om aan deze specificaties te voldoen. Een complete schakeling wordt gesplitst in blokken, die weer in micro-cellen worden opgedeeld. De globale prestatie-eisen worden tijdens dit proces vertaald in de specificaties voor deze micro-cellen. Deze vertaalslag moet rekening houden met de invloed van de globale interconnecties. Als deze microcellen gegenereerd kunnen worden binnen hun specificaties, dan zal de complete schakeling aan zijn prestatie-eisen voldoen. Dit proefschrift presenteert een flexibele prestatie gestuurde compiler voor micro-cellen in CMOS sea-of-gates arrays.

Een CMOS sea-of-gates array bestaat uit een vaste matrix van p- en n-transistoren. De belangrijkste eigenschap van deze matrix is dat hij gelijk is voor alle schakelingen. De metaallagen zijn echter verschillend voor iedere realisatie en zijn verantwoordelijk voor de individualisatie van de matrix. Een sea-of-gates array behoort daarom tot de semi-custom ontwerp omgeving. De belangrijkste voordelen van sea-of-gates arrays zijn de korte fabricagetijden en de lage fabricagekosten. De nadelen in vergelijking tot full-custom technieken, zijn de gereduceerde prestaties en ontwerpflexibiliteit, terwijl meer silicium oppervlakte nodig is.

Het grootste verschil met conventionele gate arrays is de afwezigheid van interconnectie gebieden met polysilicium bruggen in sea-of-gates arrays. Dit leidt tot grotere layout flexibiliteit en tot betere prestaties, maar vereist wel het gebruik van tenminste twee metaallagen. Een micro-cel is gedefinieerd als een kleine logische cel, gerealiseerd in een sea-of-gates array. De complexiteit van een micro-cel is beperkt tot de complexiteit van een full-adder.

Het voornaamste doel van dit proefschrift is om de sea-of-gates ontwerpomgeving te verbeteren, door diens flexibiliteit te vergroten en door betere prestaties mogelijk te maken. Het gebruik van een cel compiler in plaats van een vaste cel bibliotheek, zoals gebruikelijk in sea-of-gates omgevingen, resulteert in een grotere flexibiliteit. Het prestatie gestuurde karakter van deze compiler staat toe, dat de cellen aan de prestatiespecificaties worden aangepast. Dit biedt de mogelijkheid om de prestaties van een complete schakeling binnen een sea-of-gates omgeving te optimali-

seren. De bekende voordelen van sea-of-gates arrays, zoals korte fabricagetijden en lage fabricagekosten, blijven behouden.

De prestatie gestuurde cel compiler kan in de volgende drie blokken worden gedeeld.

1) Prestatie evaluator.

2) Topologie generator.

3) Layout generator.

De *prestatie evaluator* is een gereedschap dat in staat is om de prestatie parameters van een micro-cel op een snelle en nauwkeurige manier te berekenen. Deze parameters bestaan uit de vertragingstijd, de uitgangs stijg/daal-tijd, de vermogens dissipatie, de lage en hoge ruis marges en de oppervakte van een micro-cel. Dit gereedschap wordt door de topologie generator gebruikt om de prestatie optimalisatie te sturen.

De *topologie generator* is verantwoordelijk voor het bepalen van de micro-cel topologie, die het beste aan de specificaties voldoet. Dit wordt bereikt door kleine modificaties aan te brengen in de topologie van een micro-cel. De prestatie parameters van deze gewijzigde topologie worden door de prestatie evaluator bepaald en door een kostfunctie vertaald in één enkele numerieke waarde. De topologie generator optimaliseert de prestaties door deze costfunctie te minimaliseren. Er kunnen begrensde en onbegrensde specificaties gebruikt worden. Het gebruik van beide soorten specificaties leidt tot een begrensde optimalisatie. De uitvoer van dit gereedschap bestaat uit de geoptimaliseerde micro-cel topologie.

De *layout generator* gebruikt deze geoptimaliseerde topologie, in combinatie met een beschrijving van het sea-of-gates array, om de beschrijving van de interconnectie lagen te genereren. Dit gereedschap is bedoeld voor rij-georiënteerde sea-of-gates arrays, met oxide en/of transistor isolatie en met twee of meer interconnectie lagen. De layout generator biedt ook nog flexibiliteit in de hoogte-breedte verhouding van de gegenereerde layout. Echter, de geoptimaliseerde topologie mag niet veranderd worden om de bereikte optimalisatie te behouden. De gegenereerde layout beschrijving wordt gebruikt bij de fabricage van de schakeling.

De invloed van de interconnectie lagen op de prestaties van een microcel is erg klein. Dit wordt veroorzaakt door de vaste transistor structuur van een sea-of-gates array. Het is daarom mogelijk om de layout generatie na afloop van de topologie generatie uit te voeren, zonder de bereikte optimalisatie te verstoren.

De prestatie gestuurde micro-cel compiler heeft gedemonstreerd in staat te zijn om een grote flexibiliteit in zowel layout als prestatie aan te bieden. Het optimalisatiebereik van een micro-cel is groot, vooral als men rekening houdt met de grootte van een micro-cel.

* * *

KINETICS OF POLYCRYSTALLINE TUNGSTEN AND SILICON CVD

J. Holleman

26 februari 1993

Promotoren: Prof. dr. Th. J. A. Popma en Prof. dr. J. F. Verweij

Dit proefschrift is samengesteld uit een aantal publicaties die over CVD van wolfram en silicium handelen. CVD is een afkorting van het engelse "Chemical Vapor Deposition", hetgeen vrij vertaald betekent de depositie van vaste stoffen via chemische reacties tussen een gas of gasmengsel en een heet oppervlak.

Silaan, met de chemische formule SiH_4, vormt bij verhitting het vaste silicium (Si), een halfgeleider materiaal waarvan tegenwoordig vrijwel alle "chips" gemaakt worden. Indien we de ontleding van SiH_4 bij voldoende lage temperatuur kunnen laten plaatsvinden kunnen we deze stof op glas opdampen of zelfs op plastic folie. Bijzondere vormen van electronica en zonnecellen worden dan mogelijk. Een geschikt metaal voor de vorming van electrische verbindingen in dit verband is wolfram dat kan ontstaan door de reductie van het gas wofram-hexa-fluoride (WF_6). Als reductiemiddel is in dit proefschrift silicium (Si), waterstof (H_2) en silaan (SiH_4) toegepast. Kennis van het verband tussen druk, temperatuur en reactor ontwerp enerzijds en de groeisnelheid, morphologie en electrische eigenschappen anderzijds is van groot belang voor een optimaal gebruik van deze materialen.

In hoofdstuk 2 en 3 is de reactie bestudeerd van WF_6 met Si, SiH_4 en H_2 met behulp van reflectometrie, een methode waarbij het oppervlak waarop wolfraam groeit als spiegel wordt gebruikt. Uit de mate van spiegeling kunnen met behulp van enkele aannames en de theorie voor lichtreflectie conclusies worden getrokken ten aanzien van de groei en verruwing van het oppervlak tijdens de groei. Er is een methode ontwikkeld waarbij de gladheid van het oppervlak sterk verbeterd kan worden door zogenaamde renucleatie stappen toe te passen tijdens de groei.

In hoofdstuk 4 is een meetmethode ontwikkeld op basis van reflectometrie om tijdens de groei de groeisnelheid te meten. Deze methode is geschikt voor materialen die selectief groeien hetgeen bij wolfraam het geval is. Wolfraam groeit namelijk wel op silicium maar niet op siliciumoxide. Door nu silicium te oxideren en vervolgens met behulp van lithografie daarin een tralie patroon te etsen waardoor het silicium lokaal weer vrij komt zal tijdens de groei van wolfram op dit vrije oppervlak de reflectie alternerend toe en afnemen tengevolge van een veranderende diffractie van het licht. De relatie van de groeisnelheid met de druk, temperatuur en gassamenstelling kan nu eenvoudig vastgesteld worden hetgeen in hoofstuk 5 aan de orde is. De toepassing van de gevonden reactieparameters in een aan de universiteit Delft ontwikkeld wiskundig reactormodel maakt het mogelijk de groei nauwkeurig te voorspellen.

Kinetische aspecten zijn ook aan de orde in hoofdstuk 6 en 7 waarin een model is ontwikkeld voor de ontleding van SiH_4 in silicium. De ontledingssnelheid wordt geremd door phosfine (PH_3) en waterstof (H_2). Verhoging van de druk verhoogt de groeisnelheid waarbij de aard van het dragergas een grote rol speelt. De groeisnelheid kan ook verhoogd worden door germaan (GeH_4) of diboraan (B_2H_6) toe te voegen aan het gasmengsel. De germaan toevoeging resulteert in germanium-silicium legeringen die interessante eigenschappen hebben voor geïntegreerde schakelingen waardoor nieuwe typen transistoren met zeer kleine dimensies voor hoge frequenties en/of hoge versterking mogelijk worden. Ook opent het de mogelijkheid tot productie van transistoren bij zeer lage temperaturen waardoor schakelingen op goedkope dragermaterialen zoals glas mogelijk worden.

* * *

EMPLOYMENT OF A POROUS GOLD ACTUATOR IN ISFET-BASED COULOMETRIC SENSOR-ACTUATOR SYSTEMS

J. Luo

18 maart 1993

Promotoren: Prof. dr. ir. P. Bergveld en Prof. dr. W. E. van der Linden

Het onderzoek, dat in dit proefschrift is beschreven, heeft betrekking op de verdere ontwikkeling en toepassing van coulometrische sensor-actuator

systemen, gebaseerd op een ISFET. In hoofdstuk 1 stellen we het karakteriseren van eiwitten voor als een nieuwe toepassing van het coulometrische sensor-actuator systeem, gebaseerd op een ISFET. Enige beginselen van zuur-base eigenschappen van eiwitten met betrekking tot dit onderzoek worden kort behandeld, evenals de werking van de coulometrische sensor-actuator systemen.

Zowel de diffusie- als migratieprocessen optredend aan coulometrische sensor-actuator systemen met vlakke actuator, toegepast in zuur/base titratie, zijn onderzocht in hoofdstuk 2. Onderzoek van het diffusieproces brengt aan het licht, dat de titratie van een zuur of base in de aanwezigheid van een grote hoeveelheid tegenionen, kan worden beschreven door een analytisch model. In de meeste gevallen kan de uit het model afgeleide vergelijking worden vereenvoudigd tot de vergelijking van Sand met gebruikmaking van een schijnbare diffusiecoëfficiënt, die de bijdrage van alle diffunderende stoffen weergeeft. Voor de titratie van een zwak zuur of een zwakke base zonder toegevoegde tegenionen moeten de diffusievergelijkingen numeriek worden opgelost.

De vertraging in de respons door de afstand tussen de sensor en de actuator is ook in dit onderzoek opgenomen. Deze vertraging is onderzocht met een semi-analytische benadering. De vertraging bleek af te hangen van zowel de afstand tussen de sensor en de actuator als de concentratie van de getitreerde stof.

Naast diffusie is ook het effect van migratie onderzocht, dat zich vooral doet gelden bij titraties van sterke zuren en basen waaraan een lage concentratie van achtergrondelektroliet is toegevoegd. Dit extra effect verlengt de tijd, nodig voor de titratie, en veroorzaakt zodoende een afwijking van de berekening, die volgt uit het model waarin slechts diffusie wordt beschouwd. Aangezien het modelleren van migratie samen met diffusie leidt tot een stelsel niet-lineaire vergelijkingen, dat analytisch nagenoeg onoplosbaar is, heeft het toevoegen van een overmaat aan achtergrondelektroliet in praktische toepassingen de voorkeur. Het onderzoek heeft geleid tot een kwantitatieve beschrijving van de afwijking door het effect van migratie, bij verschillende concentraties van de achtergrondelektroliet. Voor de gangbare toepassing van coulometrische sensor-actuator systemen geeft dit onderzoeksresultaat aan, wanneer er sprake is van een 'overmaat' aan toegevoegde achtergrondelektroliet.

De meetresultaten, getoond in hoofdstuk 2, zijn in redelijk goede overeenstemming met de resultaten van het model.

Uit het onderzoek van hoofdstuk 2 kan worden vastgesteld, dat de vertragingstijd geen extra informatie bevat, hoewel deze is beschreven door een semi-analytisch model. Deze extra tijd bemoeilijkt slechts het vaststellen van de concentratie uit de verkregen gegevens, en verlaagt daarmee de nauwkeurigheid van de meting. Aangezien de vertragingstijd wordt beschreven door een stelsel diffusievergelijkingen met een bewegend grensvlak als randvoorwaarde, houdt deze dus tevens verband met de diffusie van de te meten stof. De nauwkeurigheid van het systeem kan worden verhoogd door zowel de vertragingstijd te verkorten als de diffusie te beperken. Deze diffusie houdt niet alleen verband met de vertragingstijd, maar veroorzaakt tevens een niet-lineair verband tussen de concentratie van een stof en de tijd, die nodig is om deze stof te titreren.

Om de vertragingstijd te verkorten en tevens de diffusie te beperken wordt er in hoofdstuk 3 een poreuze edelmetaal actuator voorgesteld, die in tegenstelling tot de vlakke actuator, de gate van de ISFET geheel bedekt. Drie methoden zijn onderzocht en experimenteel ontwikkeld om deze poreuze actuator te vervaardigen. De eerste wijze is de elektrochemische depositie van een metaal door een gesinterde laag van polystyreen bollen. Op deze wijze is een honingraat structuur verkregen in een koperfilm. Helaas mislukte deze methode voor goud. De twee andere wijzen, sinteren van goud-zwart en het toepassen van aangepaste dikke-film technologie, zijn succesvol gebleken. Eerstgenoemde methode is geschikt voor IC-technologie, maar laat slechts vervaardiging toe van lagen, dunner dan 30 μm. Met de laatstgenoemde methode blijkt het vormgeven van de actuator moeilijk te zijn, maar zijn dikke lagen probleemloos te vervaardigen. Naast de vervaardiging van de poreuze actuator, is tevens de keuze van passende 'sacrificial layers' onderzocht en beschreven in dit hoofdstuk.

In hoofdstuk 4 beschrijven wij de aanpassing van de gangbare ISFET-technologie, teneinde een vlakke ISFET te verkrijgen. Deze vlakke ISFET bleek nodig om de vorming van een scheurtje in het tantaaloxyde, ontstaan door uitzetting van het tantaal tot oxyde tijdens de thermische oxydatie, te voorkomen. Dit scheurtje bleek doorlaatbaar voor waterstoffluoride-etsmiddel en veroorzaakt regelmatig schade aan ISFET's tijdens de vervaardiging van het sensor-actuator systeem, zoals reeds waargenomen in hoofdstuk 3. Verrassende nevenresultaten van de vlakke ISFET's zijn zowel de lage drift en hysterese als ook de snelle, Nernstiaanse respons. Twee factoren, die het gedrag van de ISFET mogelijk beïnvloeden worden voorgesteld: het scheurtje en de fosforimplantatie. Het eigenlijke mechanisme en het effect van deze factoren op het gedrag van de ISFET's dient nader te worden onderzocht, evenals het optimaliseren van de parameters die wellicht stabiele ISFET's opleveren.

Een analytisch model, dat het gedrag beschrijft van de ontwikkelde, op ISFET's gebaseerde, coulometrische sensor-actuator systemen, die voorzien zijn van een poreuze actuator, die de gate bedekt, wordt in hoofdstuk 5 voorgesteld. Het onderzoek richtte zich op de toepassing in zuur/base titraties en is onderbouwd met meetresultaten. De vertragingstijd blijkt aanzienlijk te zijn afgenomen. Met een dunne actuator gedraagt het systeem zich zoals het eerder ontwikkelde systeem met een vlakke actuator, waar de wortel uit de voor een titratie benodigde tijd lineair afhangt van de concentratie van de getitreerde stof. Met een dikke poreuze actuator is de tijd, nodig om de stof te titreren lineair afhankelijk van de concentratie zoals ook te verwachten volgens het model en bevestigd door experimentele resultaten. Het toont aan, dat diffusie nagenoeg geen rol van betekenis meer speelt tijdens de titratie.

In hoofdstuk 6 stellen we een nieuwe wijze van gebruik van het pas ontwikkelde coulometrische sensor-actuator systeem voor: het dynamisch meten van de buffercapaciteit van een oplossing. Een sinusvormige stroom genereert coulometrisch de titrant. De theoretische beschrijving, die in dit hoofdstuk wordt gegeven, toont aan, dat de concentratieverandering van de stof bij de gate van de ISFET eveneens sinusvormig is. De hierdoor veroorzaakte pH verandering hangt af van de buffercapaciteit van de oplossing. Experimenten zijn uitgevoerd met zowel azijn- als fosforzuur en de resultaten komen goed overeen met de theoretische beschrijving. Door het verschil in beweeglijkheid van de stoffen afzonderlijk blijkt het resultaat van de dynamische meting beïnvloed te zijn door diffusie en wijkt het resultaat af van op statische wijze verrichte metingen.

In hoofdstuk 7 wordt de buffercapaciteit als een kenmerkende grootheid gemeten ter karakterisering van eiwitten, op de wijze zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Voorlopige resultaten, verkregen uit metingen aan lysozym en ribonuclease laten verschil in buffercapaciteit zien bij verschillende pH-waarden. Verder onderzoek is noodzakelijk om de toepasbaarheid van deze methode om eiwitten te karakteriseren, aan te tonen.

Hoofdstuk 8 vervat de conclusies en de aanbevelingen voor toekomstig onderzoek. Het proefschrift besluit met een samenvatting.

* * *

SENSOR MEASUREMENTS FOR THE MEASUREMENT OF INTRAOCULAR PRESSURE

C. den Besten

2 april 1993

Promotor: Prof. dr. ir. P. Bergveld

De oogdruk is, zoals wordt uitgelegd in hoofdstuk 1, een belangrijke indicatie voor het vaststellen van de ernstige oogziekte glaucoom. In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de instrumenten, tonometers genoemd, die zijn ontwikkeld om de oogdruk te meten. Mechanische tonometers, zoals de Goldmann tonometer, zijn nauwkeurig maar lastig in gebruik. Elektronische tonometers, zoals de Mackay-Marg tonometer, zijn veel gebruikersvriendelijker, maar hun nauwkeurigheid is veel slechter dan die van mechanische tonometers. Hieruit is geconcludeerd, dat er behoefte is aan een nieuwe tonometer, die de nauwkeurigheid van de mechanische tonometers combineert met het gebruiksgemak van de elektronische tonometers.

Nadat in hoofdstuk 3 de eisen waaraan een nieuwe tonometer moet voldoen, zijn geformuleerd, wordt in hoofdstuk 4 het ontwerp en het model van een silicium sensor besproken, die gebruikt kan worden om de Goldmann tonometer te automatiseren en tevens de nauwkeurigheid van de Mackay-Marg tonometer te verbeteren. Uit de uitgangssignalen van deze applanatie sensor kan de diameter van een afgeplat deel van het oog worden vastgesteld en tegelijkertijd ook de minimale afstand tussen de omtrek van het afgeplatte oppervlak en het centrum van de sensor worden bepaald. In het centrum van de sensor bevindt zich een stempel, die in verbinding staat met een externe krachtsensor, waarmee de druk die op de stempel wordt uitgeoefend, kan worden bepaald.

In hoofdstuk 5 wordt de realisatie van de applanatie sensor besproken en vervolgens wordt in hoofdstuk 6 een nieuwe 'bonding' techniek gepresenteerd, die bij lage temperaturen gebruikt kan worden. Met deze techniek, die gebaseerd is op het gebruik van polymeren, kunnen bewerkte silicium structuren aan elkaar worden verbonden, zoals bijvoorbeeld de applanatie sensor en de externe krachtsensor.

In hoofdstuk 7 worden diverse mogelijkheden van signaalbewerking besproken, die toegepast kunnen worden op de uitgangssignalen van de applanatie sensor. Een simpele realisatie wordt aan het eind van het hoofdstuk besproken.

Uit de experimenten die beschreven worden in hoofdstuk 8, kan worden geconcludeerd dat de applanatie sensor in het algemeen aan de verwachtingen voldoet.

Tenslotte worden in hoofdstuk 9 de belangrijkste conclusies van dit onderzoek op een rijtje gezet. Het hoofdstuk wordt afgesloten met het bespreken van mogelijke toepassingen van de applanatie sensor en het doen van suggesties voor verder onderzoek.

* * *

A SILICON CONDENSER MICROPHONE: MATERIALS AND TECHNOLOGY

P. R. Scheeper

8 april 1993

Promotor: Prof. dr. ir. P. Bergveld

In dit proefschrift is de ontwikkeling van een condensatormicrofoon in silicium, die bedoeld is voor toepassing in hoortoestellen, beschreven. De belangrijkste ontwerpeisen zijn de afmetingen (oppervlakte ca. 3 x 3 vierkante mm), de gevoeligheid (ca. 10 mV/Pa) en het frequentiebereik (100 Hz - 7 kHz ± 3 dB).

Zoals vermeld in hoofdstuk 1 is dit onderzoek een vervolgonderzoek naar aanleiding van een reeds eerder aan de Universiteit Twente ontwikkelde silicium microfoon voor toepassing in hoortoestellen. De starre plaat van deze microfoon (backplate) is vervaardigd in silicium m.b.v. anisotrope etstechnieken. Het membraan, een 0,002 mm dikke kunststoffolie (Mylar), wordt handmatig op de silicium backplate gelijmd. Een logische stap in de ontwikkeling van de silicium microfoon is een fabricageproces waarbij het membraan m.b.v. IC-technieken wordt gefabriceerd. In hoofdstuk 2 wordt o.a. een literatuuroverzicht gegeven van silicium microfoons, waarbij het kunststoffolie membraan vervangen is door een membraan van silicium of siliciumnitride. Bij de beschreven constructies worden de silicium backplate en het membraan op twee verschillende siliciumplakken gemaakt. Hoewel dit al een stap in de goede richting is, blijft een wezenlijk nadeel dat er twee onderdelen samengevoegd moeten worden om een complete microfoon te verkrijgen. Daarom is bij het in dit proefschrift beschreven onderzoek uitgegaan van de 'sacrificial layer' techniek, waarmee het in principe mogelijk is om het membraan en de starre backplate op één siliciumplak te maken. Bij deze techniek worden twee verschillende lagen op de siliciumplak aangebracht; de sacrificial layer onder het membraanmateriaal. Vervolgens wordt de tussenliggende sacrificial layer geëtst in een etsvloeistof, zodat een luchtspleet tussen de siliciumplak en het membraan wordt verkregen.

Een model om de statische en dynamische eigenschappen van de microfoon te voorspellen en te optimaliseren wordt besproken in hoofdstuk 3. Het blijkt dat het beste microfoonontwerp een kompromis is tussen de gevoeligheid en het gewenste frequentie- of drukbereik.

Om microfoons met de sacrificial layer techniek te kunnen maken, moet ten eerste uitgezocht worden welke materialen gebruikt kunnen worden als membraan en als sacrificial layer. Zoals in hoofstuk 4 is beschreven, blijkt siliciumnitride een geschikt membraanmateriaal te zijn, en aluminium kan gebruikt worden als sacrificial layer.

Na het etsen van de sacrificial layer moet de siliciumplak met de vrijgeëtste membranen gedroogd worden. Het is gebleken dat tijdens het opdrogen de membranen aan de siliciumplak gaan vastkleven. Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven, vertoont de aantrekkende kracht tussen het membraan en de backplate een correlatie met de aanwezige watermoleculen op de oppervlakken. Een oppervlaktebehandeling met HMDS, om de oppervlakken hydrofoob te maken, reduceert de aantrekkende kracht.

Daarnaast blijkt dat het opdrogen van de micromechanische structuren vanuit een vloeistof met een lagere oppervlaktespanning ervoor zorgt dat er minder structuren aan de siliciumplak vastkleven. Voor de fabricage van microfoonmembranen bleek deze methode echter niet voldoende te werken. Daarom is in hoofdstuk 6 gebruik gemaakt van een vriesdroogtechniek, waarbij de siliciumplak met membranen in natte toestand in vacuüm wordt gebracht, zodat de vloeistof op de wafer bevriest door snelle verdamping. Na enige tijd is het ijs gesublimeerd zodat de vloeistof op de siliciumplak op een 'droge' manier verwijderd is en er geen membranen vastkleven.

Zoals in hoofdstuk 6 is beschreven zijn er twee typen microfoons gemaakt en getest. Het eerste type heeft een dikke silicium backplate. Door het geringe aantal akoestische gaten dat in de silicium backplate geëtst kan worden (1 tot 16) is de demping van deze microfoon te groot, hetgeen zich uit in een afnemende gevoeligheid boven 100 Hz. Het tweede type microfoon heeft een dunne siliciumnitride backplate die voorzien is van meer akoestische gaten (256 tot 968), waardoor het mogelijk is om microfoons

met een goede frequentiekarakteristiek (100 Hz - 14 kHz ± 3dB) en een redelijke gevoeligheid (5 mV/Pa) te maken. Deze gevoeligheid wordt behaald met een voedingsspanning van slechts 5,0 V, zodat een elektreet overbodig is geworden.

De reproduceerbaarheid waarmee de microfoons gemaakt kunnen worden, wordt in hoge mate bepaald door de reproduceerbaarheid van de depositieprocessen waarmee het membraan- en backplatemateriaal worden aangebracht. Het blijkt dat de in de siliciumnitridelagen aanwezige trekspanning een grote spreiding vertoont. Zoals in hoofdstuk 7 wordt aangetoond, biedt de toepassing van geribbelde membranen de mogelijkheid om het effekt van deze niet-reproduceerbare trekspanning te verminderen. Een extra voordeel is dat de mechanische gevoeligheid van membranen door het aanbrengen van ribbels aanzienlijk vergroot kan worden, zodat verwacht mag worden dat met dit type membraan gevoeliger microfoons gemaakt kunnen worden.

Tenslotte worden in hoofdstuk 8 de belangrijkste conclusies uit dit proefschrift op een rijtje gezet en worden er aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

* * *

TWENTE HIERARCHICAL EMBEDDED SYSTEMS IMPLEMENTATION BY SIMULATION

K. C. J. Wijbrans

8 april 1993

Promotoren: Prof. dr. ir. J. van Amerongen en Prof. ir. A. W. P. Bakkers

Dit proefschrift is voortgekomen uit een gezamenlijk onderzoeksproject van het Laboratorium voor Regeltechniek aan de Universiteit Twente en de firma Van Rietschoten & Houwens te Rotterdam, waarin het gebruik van *parallel processing* en *gestructureerde ontwerpmethoden* voor de realisatie van door een geïntegreerde computer geregelde systemen werd onderzocht.

De realisatie van een dergelijk systeem is niet triviaal. Aanwijzingen hiervoor zijn het toenemende aantal catastrofale ongelukken met computergeregelde systemen en de toenemende kosten voor het ontwikkelen van deze systemen. Verscheidene oorzaken zijn bekend, bijvoorbeeld de complexiteit van de te regelen systemen, de hogere eisen aan de kwaliteit van de regelactie en extra complexiteit door de opkomst van het mechatronisch ontwerpen. Adequate ontwerpmethoden zijn nodig om fouten in de realisatie te voorkomen en de ontwikkelkosten te verminderen. Bestaande methoden voor het ontwerp van regelalgoritmes en voor software voldoen echter niet. Allerlei implementatiekeuzes, zoals de interfaces, de samplefrequentie en de rekenvolgorde, die het gedrag van het systeem significant kunnen beïnvloeden, worden door deze methoden namelijk niet meegenomen. Het gevolg is een moeilijk te overbruggen kloof in het ontwikkeltraject.

Daarom is er een nieuwe methode ontwikkeld. Deze methode richt zich expliciet op het oplossen van specifieke problemen in regelsystemen. Deze methode heet "Twente Hierarchical Embedded Systems Implementation by Simulation". Deze methode is gebaseerd op een drietal concepten:

- De ontwerper definieert het dynamisch gedrag van de regelaar op eenduidige wijze, resulterend in een beschrijving die alle aspecten die het dynamisch gedrag beïnvloeden bevat.
- Gedurende het ontwikkeltraject geniet de ontwerper de vrijheid de meest geschikte ontwerpkeuzes te maken.
- De ontwerpomgeving biedt analyse- en simulatiehulpmiddelen om het gedrag van de regelaar samen met het te regelen proces te onderzoeken.

Om dit te ondersteunen zijn een drietal onderdelen van de ontwerpmethode gedefinieerd: een *strategie*, die als leidraad dient gedurende het ontwerptraject (Hoofdstuk twee); een *formalisme* voor de beschrijving van het ontwerp (Hoofdstuk drie); en *hulpmiddelen* die gedurende het ontwerptraject ondersteuning bieden (Hoofdstuk vier).

De strategie die is gedefinieerd biedt de ontwerper flexibiliteit in de te volgen procedure. In plaats van het voorschrijven van een starre handelwijze, wordt een raamwerk geboden waarbinnen problemen kunnen worden opgelost zodra ze zijn geïdentificeerd. Het te ontwikkelen systeem kan binnen dit raamwerk stap voor stap beschreven worden.

De beschrijving van het systeem gebeurt met een voor dit doel ontwikkeld formalisme, beschreven in hoofdstuk drie. Dit formalisme is aangepast aan de eisen van regelsystemen. Het is een variant van de industrieel bekende Real-Time Yourdon methode, waarbij de te implementeren processen mathematisch eenduidig worden beschreven.

De uitvoering van de strategie wordt ondersteund door een aantal hulpmiddelen. De aan deze hulpmiddelen ten grondslag liggende concepten zijn beschreven in hoofdstuk vier. Vier verschillende hulpmiddelen worden onderscheiden, namelijk een CASE-tool voor het invoeren van het ontwerp, een analyseprogramma, een simulatieprogramma en een codegenerator voor de procescomputer. Van het CASE-tool, het analyseprogramma en het simulatieprogramma zijn prototypes ontwikkeld.

De strategie en het formalisme zijn getest in een aantal case studies. Drie van deze case studies zijn beschreven in hoofdstuk vijf. Hoofdstuk zes van dit proefschrift geeft de conclusies en aanbevelingen die uit dit onderzoek voortkomen.

* * *

MODEL-BASED ROBOT CONTROL: FROM THEORY TO PRACTICE

H. Berghuis

10 juni 1993

Promotoren: Prof. dr. ir. J. van Amerongen en Prof. dr. ir. H. Kwakernaak

In dit proefschrift wordt het ontwerp en de praktische realisatie van modelgebaseerde regelmethoden voor starre robotsystemen beschreven.

Al enige jaren wordt er door regeltheoretici onderzoek verricht naar het regelprobleem van robots met als doel het volgen van een baan. Dit heeft geleid tot verschillende oplossingen, waaronder de zogenaamde *modelgebaseerde regelmethoden*. Deze methoden maken gebruik van een volledig niet-lineair model van de robotdynamica. Een aantrekkelijke eigenschap van deze regelmethoden is dat ze in theorie voldoen aan de tegenwoordige eisen aan robots betreffende nauwkeurigheid en stabiliteit. Ondanks deze potentiële voordelen is er echter maar weinig experimenteel onderzoek verricht naar de praktische bruikbaarheid van model-gebaseerde regelmethoden voor robots. Dit proefschrift heeft als doel deze leemte tussen theorie en praktijk te overbruggen.

Daartoe wordt er eerst een overzicht gegeven van de bestaande modelgebaseerde regelmethoden. Deze methoden kunnen conceptueel gezien worden verdeeld in twee klassen, de klasse van methoden die gebaseerd zijn op linearisatie via toestandsterugkoppeling, en de klasse van passiviteit-gebaseerde methoden (die hun oorsprong vinden in energieoverwegingen). De kenmerken van beide klassen, zoals de robuustheid voor modelfouten en de rekenkundige complexiteit, worden geanalyseerd. Vervolgens worden adaptieve versies van deze methoden onderzocht. Deze adaptieve regelaars passen hun gedrag op een geschikte manier aan om

daarmee te compenseren voor parametrische onzekerheden in het robotmodel. Sommige van deze adaptieve methoden voldoen echter niet aan praktische eisen zoals robuustheid voor meetruis. Daarom zijn een aantal nieuwe adaptieve regelmethoden voor robotsystemen ontworpen die onder andere minder gevoelig zijn voor meetruis op het snelheidssignaal.

Een belangrijke observatie is dat de beschikbare model-gebaseerde regelmethoden voor robots niet direct toepasbaar zijn omdat deze methoden kennis van de volledige toestand, dat wil zeggen positie- en snelheid, vereisen. In de praktijk wordt veelal niet aan deze eis voldaan. Er is namelijk een trend om snelheidssensoren achterwege te laten vanwege kostenbesparingen. Hierdoor gemotiveerd wordt in dit proefschrift het regelen van robots met behulp van slechts positieterugkoppeling onderzocht.

Daartoe wordt een snelheidswaarnemer ontworpen die geïnspireerd is door het passiviteit-gebaseerde concept voor robotregeling. Deze waarnemer dient als uitgangspunt voor de ontwikkeling van gecombineerde regelaar-waarnemer systemen voor robots, de zogenaamde *regelmethoden door middel van uitgangsterugkoppeling*. Een belangrijk punt in deze gecombineerde ontwerpen is het nauwkeurig afstemmen van de structuur van de waarnemer op de structuur van de regelaar, die ofwel gebaseerd is op linearisatie via terugkoppeling, ofwel gebaseerd is op passiviteit. Op deze manier worden rekenkundig efficiënte lineaire waarnemers verkregen. Er wordt bewezen dat de gecombineerde regelmethoden semi-globale asymptotische stabiliteit garanderen.

Door de passiviteit-gebaseerde aanpak van het regelen van robots ook te gebruiken voor het waarnemersontwerp wordt een opvallende *conceptuele dualiteit* tot stand gebracht tussen het regelaarontwerp en waarnemerontwerp voor robots. Een logisch gevolg daarvan is dat de ontworpen passiviteit-gebaseerde regelmethoden via uitgangsterugkoppeling dezelfde robuustheid tegen modelfouten bezitten als de passiviteit-gebaseerde regelmethoden via toestandsterugkoppeling. Van even groot belang is dat experimenteel wordt aangetoond dat de voorgestelde lineaire waarnemers beter zijn dan het *ad-hoc* numerieke positie-differentiatie algoritme voor reconstructie van het snelheidssignaal.

Een belangrijk deel van het proefschrift is gewijd aan de resultaten van een simulatiestudie en een experimenteel onderzoek naar de bruikbaarheid van model-gebaseerde regelmethoden voor robots. Deze resultaten zijn verkregen met behulp van een in het Laboratorium voor Regeltechniek aanwezige lichtgewicht robot met twee vrijheidsgraden. Dit systeem wordt bestuurd via transputers, die een krachtige architectuur bieden voor de implementatie van geavanceerde regelmethoden. Bij het (adaptief) regelen van deze robot is verondersteld dat er vijf onbekende systeemparameters zijn, te weten de massa van het object dat verplaatst moet worden, en de Coulombse en visceuze wrijvingscoëfficiënten in de beide motoren.

Zowel de simulatie- als experimentele resultaten tonen aan dat model-gebaseerde regelmethoden voor robots superieur zijn aan de klassieke PD regelaar, maar dat de prestatievoordelen beperkt worden door de nauwkeurigheid van het gebruikte robotmodel. Bovendien leveren adaptieve model-gebaseerde methoden een beter regelgedrag in vergelijking met hun niet-adaptieve tegenhanger, in het bijzonder als de snel convergerende kleinste kwadraten methode wordt gebruikt voor parameteradaptatie. Aan de andere kant, deze adaptatiemethode is complex, ruisgevoelig en resulteert in een relatief gering prestatievoordeel in vergelijking met de gradiënt adaptatiemethode. Om die redenen is de laatstgenoemde methode voor parameteradaptatie te prefereren.

Tenslotte tonen vergelijkende experimenten aan dat passiviteit-gebaseerde regelmethoden voor robots robuuster zijn dan methoden die gebaseerd zijn op linearisatie door middel van terugkoppeling. De belangrijkste reden daarvoor is dat de lineariserende methoden niet exact lineariseren en ontkoppelen in de aanwezigheid van modelfouten. Daardoor verslechtert de prestatie van deze methoden aanzienlijk.

Conferentie-aankondigingen

CEI-Europe/Elsevier

International Courses in Advanced Technology, January/February 1994, Garmisch Partenkirchen, Duitsland:

- Telecommunication Software Architecture and Design; 31 januari - 3 februari 1994
- Signalling System No 7 & Intelligent Networks; 31 januari - 3 februari 1994
- Speech and Image Processing; 31 januari - 3 februari 1994
- Frequency-Time Signal Processing; 31 januari - 4 februari 1994
- Analog CMOS Circuit Design for Signal Processing; 31 januari - 4 februari 1994
- Modern Telecommunications; 7 - 10 februari 1994
- Neural Networks and Pattern Recognition; 7 - 9 februari 1994
- High-Speed Communication Networking; 7 - 11 februari 1994

International Courses in Advanced Technology, Davos, Zwitserland:

- Analog Cicuit Design for Data Converters; 21 - 24 maart 1994
- Far-Field, Compact and Near-Field Antenna Measurement Techniques; 21 - 24 maart 1994
- Modern Military and Commercial Radar; 21 - 25 maart
- Cellular and PCS Communications- The Radio Interface; 21 - 24 maart 1994
- Combined Coding and Modulation Techniques; 24 - 25 maart 1994
- Speech and Channel Coding for Mobile Communication; 28 - 30 maart 1994
- Digital Receivers for Satellite and Mobile Communication; 28 - 31 maart 1994
- Personal Communication Networks; 28 - 31 maart 1994

International Courses in Advanced Technology, Cambridge, UK:

- Satellite Communication Systems; 18 - 22 april 1994
- VSAT Networks; 20 - 21 april 1994
- Mobile Cellular and Microcellular Telecommunications; 20 - 22 april 1994

Contactadres: Mrs. Tina Persson, marketing manager, CEI-Europe,
PO Box 910, S-612 25 FINSPONG; Sweden.
Tel: +46 122 17570   Fax: +46 122 14347

Africa TELECOM 94 Exhibition and Forum
Cairo, Egypt, 25 - 29 april 1994
Contactadres: Ms. Suzan Hee-Sook Lee
Project Manager, Africa TELECOM 94 ITU
Place des Nations
CH-1211 Geneve 20 , Zwitserland

3rd International Conference on Intelligence in Networks
Bordeaux, France, 11, 12, 13 oktober 1994
Call for papers.
Contactadres: Adera / ICIN '94
BP 196
33608 PESSAC Cedex, France
Tel: (33) 56 15 11 58   Fax: (33) 56 15 11 60

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 58 – nr. 4 – 1993

Druk: de Witte, Eindhoven.